

Univerzita Karlova
Přírodovědecká fakulta

Katedra sociální geografie a regionálního rozvoje

Studijní program: Epidemiologie

Studijní obor: Sociální epidemiologie



Bc. Lea Švábová

Časoprostorová analýza incidence chřipkové epidemie v Česku
Spatiotemporal analysis of incidence of influenza epidemic in Czechia

Diplomová práce

Vedoucí práce:

RNDr. Pavlína Netrdová, Ph.D.

Praha, 2021

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze

podpis autorky

Abstrakt

Chřipka provází lidstvo celá století a již po staletí na ni umírají tisíce lidí. Každý rok se v Česku pravidelně objevuje sezónní chřipka způsobená běžně cirkulujícími viry chřipky, ve kterých dochází k drobným změnám. Jednou za 10–20 let se ale objeví zcela nový poddruh tohoto viru, se kterým se lidské tělo ještě nesetkalo, jelikož ve viru dojde k velkým genetickým změnám. Cílem práce je pomocí statistických metod odhalit dlouhodobé pravidelnosti v incidenci chřipky v Česku jak z pohledu časového, tak regionálního. První dílčí cíl se věnuje časové pravidelnosti nástupu chřipkové epidemie v jednotlivých krajích Česka a dlouhodobému vývoji incidence chřipky pomocí analýzy časových řad za roky 2007–2018. Výsledkem analýzy je zjištění, že chřipková sezóna v Česku má pravidelný nástup s odchylkou jednoho týdne a trend incidence je ve zkoumaných letech klesající. Druhým dílčím cílem je zhodnotit a vizualizovat v mapové podobě regionální diferenciaci v incidenci chřipkové epidemie na úrovni krajů v Česku. Analýza ukázala, že se chřipka v Česku šíří zcela náhodně a neplatí zde celosvětové vzorce šíření. Získané výsledky mohla ovlivnit skutečnost, že Česko je malé území a není zde prostor pro projevení časoprostorových vzorců v případě použití dat za kraje. Doporučením pro další analýzy by mohl být sběr podrobnějších dat umožňující hlubší analýzy.

Klíčová slova: chřipka, Česko, časoprostorová analýza, regionální diferenciaci

Abstract

Influenza has accompanied humanity for centuries, and thousands of people have died from it for centuries. Every year, seasonal flu occurs regularly in the Czechia, caused by normally circulating flu viruses, in which minor changes occur. However, once every 10–20 years, a completely new subspecies of this virus will appear, which the human body has not yet encountered, as the virus undergoes major genetic changes. The aim of the work is to use statistical methods to reveal long-term patterns in the incidence of influenza in the Czechia from both temporal and regional point of view. The first partial goal is devoted to the regularity of the onset of the influenza epidemic in individual regions of the Czechia and the long-term development of the incidence of influenza, using the analysis of time series for the years 2007–2018. The first result of the work was the finding that the flu season in the Czechia has a regular onset with a deviation of one week and the incidence trend is declining in the studied years. The second partial goal is to evaluate and visualize in map the form of regional differentiation in the incidence of influenza epidemic at the regional level in the Czechia. The analysis showed that influenza spreads in the Czechia quite randomly and global patterns of spread do not apply here. The obtained results could be influenced by the fact that the Czechia is a small territory and there is no room for the expression of

spatio-temporal patterns in the case of using data for regions. A recommendation for further analysis could be the collection of more detailed data allowing deeper analysis.

Key words: influenza, Czechia, spatiotemporal analysis, regional differentiation

Poděkování

Ráda bych poděkovala své školitelce RNDr. Pavlíně Netrdové, Ph.D., za vedení práce a konzultace, které pomohly mé práci udat správný směr. Dále také děkuji mé rodině a přátelům, kteří mi byli po celou dobu studia silnou oporou a všemi možnými prostředky mě podporovali.

Obsah

Seznam obrázků	7
Seznam grafů.....	8
Seznam tabulek.....	9
Seznam zkratk.....	10
1. Úvod.....	11
2. Chřipka jako infekční onemocnění	13
2.1. Anatomie viru chřipky	13
2.1.1. Antigenní drift a shift.....	16
2.2. Léčba a epidemiologické opatření.....	17
2.2.1. Primární opatření.....	17
2.2.2. Chřipková vakcína.....	20
2.2.3. Sekundární opatření	23
3. Výskyt a šíření infekčních onemocnění.....	25
3.1. Přenos infekčních onemocnění.....	25
3.2. Šíření chřipky a její historie	29
3.2.1. Španělská chřipka	36
3.2.2. Další významné pandemie	37
3.3. Chřipka v Evropě.....	39
3.4. Výzkumné hypotézy.....	40
4. Metodika a data	43
4.1. Zdroje dat.....	43
4.2. Analýza časových řad	43
4.3. Standardizace úmrtnosti	46
5. Vývoj úmrtnosti na chřipku v Česku	47
6. Vývoj incidence chřipky v Česku	50
6.1. Sezónnost incidence chřipky	52
6.2. Časový trend incidence chřipky	55
6.3. Prostorový vzorec incidence chřipky	58
6.4. Limitace dat.....	68
7. Závěr	70
8. Seznam literatury.....	73

Seznam obrázků

Obrázek 1: Anatomie viru chřipky	14
Obrázek 2: Fáze pandemického plánu WHO.....	18
Obrázek 3: Distribuce koinfekce HIV a hepatitidy ve Washingtonu D.C.....	27
Obrázek 4: Incidence hepatitidy typu C v Egyptě v roce 2008.....	28
Obrázek 5: Procento pozitivně testovaných případů na chřipku v roce 2018 po celém světě	30
Obrázek 6: Šíření ptačí chřipky a migrace ptáků v Číně v letech 2004–2006	33
Obrázek 7: Simulace šíření chřipkového viru v USA s počátkem v Kalifornii či Wyomingu ...	34
Obrázek 8: Přehled významných pandemií chřipky	37
Obrázek 9: Úmrtí na Asijkou chřipku 1957–1958 (pouze státy s dostupnými daty).....	38
Obrázek 10: Postižení jednotlivých států pandemií prasečí chřipky v letech 2009–2010.....	39
Obrázek 11: Původní časová řada (Zlínský kraj).....	52
Obrázek 12: Průměrná incidence chřipky v jednotlivých krajích v sezóně 2007–2008.....	60
Obrázek 13: Průměrná incidence chřipky v jednotlivých krajích v sezóně 2008–2009.....	61
Obrázek 14: Průměrná incidence chřipky v jednotlivých krajích v sezóně 2009–2010.....	62
Obrázek 15: Průměrná incidence chřipky v jednotlivých krajích v sezóně 2010–2011.....	62
Obrázek 16: Průměrná incidence chřipky v jednotlivých krajích v sezóně 2011–2012.....	63
Obrázek 17: Průměrná incidence chřipky v jednotlivých krajích v sezóně 2012–2013.....	64
Obrázek 18: Průměrná incidence chřipky v jednotlivých krajích v sezóně 2013–2014.....	65
Obrázek 19: Průměrná incidence chřipky v jednotlivých krajích v sezóně 2014–2015.....	65
Obrázek 20: Průměrná incidence chřipky v jednotlivých krajích v sezóně 2015–2016.....	66
Obrázek 21: Průměrná incidence chřipky v jednotlivých krajích v sezóně 2016–2017.....	67
Obrázek 22: Průměrná incidence chřipky v jednotlivých krajích v sezóně 2017–2018.....	68

Seznam grafů

Graf 1: Incidence typů chřipky v celém světě, 1995–2018.....	16
Graf 2: Procento proočkovanosti v populaci 65 a více let ve vybraných státech světa.....	35
Graf 3: Postup analýzy časových řad.....	45
Graf 4: Počet zemřelých na chřipku v Česku v letech 1995–2018	48
Graf 5: Standardizovaná míra úmrtnosti na chřipku v Česku v letech 1995–2018	49
Graf 6: Standardizovaná míra úmrtnosti na chřipku dle pohlaví v Česku v letech 1995–2018	49
Graf 7: Podíl případů chřipky typu A a B v sezónách od roku 2000 do 2016 v Česku.....	51
Graf 8: Početní zastoupení nakažených typů chřipky v Česku od roku 1995 do roku 2018...	51
Graf 9: Sezónnost chřipky v letech 2007–2018 ve Zlínském kraji	53
Graf 10: Sezónnost chřipky ve vybraných krajích v reprezentativním roce.....	54
Graf 11: Trend vývoje incidence chřipky ve Zlínském kraji v letech 2007–2018.....	55
Graf 12: Kraje s rostoucím trendem incidence chřipky v letech 2007–2018	56
Graf 13: Kraje se stagnujícím trendem incidence chřipky v letech 2007–2018.....	57
Graf 14: Příklad krajů s klesajícím trendem incidence chřipky v letech 2007–2018	57

Seznam tabulek

Tabulka 1: Regresní rovnice trendu incidence chřipky v jednotlivých krajích (2007–2018) ... 56

Seznam zkratek

ARI	Akutní respirační infekce
CDC	Centrum pro kontrolu a prevenci nemocí
ČSÚ	Český statistický úřad
EUROSTAT	European standard population
GAP	Globální akční plán
GBD	Global burden of disease study
GIS	Geoinformační systémy
GLaMOR	Global influenza mortality
H	Hemaglutinin
N	Neuraminidáza
RNA	Ribonukleová kyselina
SPSS	Statistical package for the social sciences
SZÚ	Státní zdravotní ústav
USA	Spojené státy americké
WHO	Světová zdravotnická organizace

1. Úvod

Chřipka je onemocnění, které pravděpodobně každého z nás alespoň jednou za život postihlo. Jedná se o virus složený z ribonukleové kyseliny (RNA), který je velmi nestabilní, často mutuje, přenáší se snadno větrem a kapénky a každý rok nakazí miliony lidí po celém světě. Nejedná se čistě o lidský vir, ale velké historické pandemie byly způsobeny mutací zvířecího typu viru, jako tomu bylo u španělské nebo ptačí chřipky (Smetana 2018). Chřipka je velmi proměnlivé onemocnění, které sužuje lidstvo již po dlouhá století. První věrohodné dokumenty pocházejí z 16. století, avšak první zmínky jsou daleko starší a přesahují před náš letopočet (Houdret 1994). Každý rok na chřipku umírá několik stovek tisíc lidí po celém světě. Při pandemických stavech se úmrť mnohonásobně zvýší a dochází k zahlcení zdravotních zařízení, vyřazení práce schopných obyvatel a v neposlední řadě také k velkým hospodářským škodám. Vzhledem ke změnám, ke kterým dochází uvnitř viru, a obrovské úmrtnosti při pandemiích, ale i nezanedbatelné úmrtnosti při „normální“ chřipce, nelze toto onemocnění brát na lehkou váhu.

Předložená diplomová práce má za cíl odhalit dlouhodobé pravidelnosti v incidenci chřipky v Česku jak z pohledu časového, tak regionálního. Tento cíl je důležitý, jelikož chřipka se i přes vývin léků a očkování každoročně objevuje v sezónních epidemiích. Časoprostorové vzorce výskytu chřipky nám pomáhají při určování ohnisek nákazy a predikci šíření nových pandemických virů. Díky těmto vzorcům se odhalila pravidelnost i u sezónních epidemií, které na první pohled vypadaly náhodně, jak časově, tak prostorově. Časoprostorové vzorce jsou tedy klíčové pro znalost vývoje, přenosu, šíření a dynamiky onemocnění. Práce vychází z dostupných dat o incidenci (počet nově nakažených za konkrétní časový úsek) i úmrtnosti na chřipku v Česku v jednotlivých krajích. Úmrtnost je analyzována za období od roku 1995 do roku 2018 a incidence za období od roku 2007 do roku 2018. Incidence je zkoumána do sezóny 2017–2018, jelikož následně do šíření chřipky zasáhla pandemie koronaviru a již se nejednalo o standardní rok.

Uvedený hlavní cíl lze rozdělit na dva dílčí cíle, kterým bude věnována pozornost. Prvním cílem je zhodnotit časové pravidelnosti nástupu chřipkové epidemie v jednotlivých krajích Česka a dlouhodobý vývoj incidence chřipky. Výsledky poslouží k ověření platnosti všeobecně přijímaných teorií o šíření chřipky, které budou představeny a diskutovány v teoretické části práce. Existují pravidelnosti v nástupu chřipkové epidemie v Česku? Jaká je sezónnost chřipkového viru? To jsou výzkumné otázky, na které budou hledány odpovědi. I když existují odborné studie na toto téma (Onozuka 2008, Shaman 2010, Davidson 2015), žádná z nich neodpovídá na tyto otázky konkrétně či se netýká Česka. Zároveň nebyla provedena tak podrobná analýza v Česku za delší časové období. Druhým cílem je zhodnotit

regionální diferenciaci v incidenci a časovém průběhu chřipkové epidemie na úrovni krajů v Česku. Získané výsledky opět poslouží k ověření poznatků získaných v teoretické části práce, tedy zda v Česku fungují stejné zákonitosti šíření chřipky jako ve světě. Výzkumné otázky se zaměřují na směr šíření chřipky v závislosti na incidenci v krajích a výskyt velkých měst v krajích s vyšší incidencí. Regionální diferenciaci výskytu chřipky nebyla doposud v rámci Česka věnována pozornost, a tak práce napomůže ukázat stabilitu či proměnlivost prostorových vzorců a možné způsoby šíření chřipky.

Metodicky je diplomová práce založena na kvantitativní analýze sekundárních dat. Byly získány relativizované údaje o nemocnosti chřipky na 100 tisíc obyvatel za jednotlivé kraje Česka za roky 2007–2019. Dalšími údaji k analýze byly počty zemřelých s prokázanou primární příčinou smrti na chřipku v Česku za roky 1995–2018. Práce využívá statistický program Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) a software geoinformačních systémů (GIS) jak pro přípravu dat, tak pro časoprostorovou analýzu získaných dat. Prezentace výsledků je provedena pomocí softwaru Microsoft Excel.

Diplomová práce je strukturovaná do dvou hlavních částí, a to na část teoretickou a část praktickou. V teoretické části je v jednotlivých kapitolách popsán životní cyklus viru, jeho způsob množení a šíření, vybrané historické pandemie a jsou diskutovány důvody jeho velké rozšířenosti pomocí rešerše odborné literatury. Na závěr teoretické části jsou formulované výzkumné hypotézy, které jsou v praktické části kvantitativně ověřovány. Praktická část se věnuje analýze získaných dat pomocí statistického programu SPSS a GIS softwaru a interpretaci získaných výsledků. Na základě stanovených cílů je pozornost věnována zejména sezónnosti incidence chřipky, prostorovým vzorcům výskytu chřipky a vývojovým trendům v nemocnosti a úmrtnosti na chřipku.

2. Chřipka jako infekční onemocnění

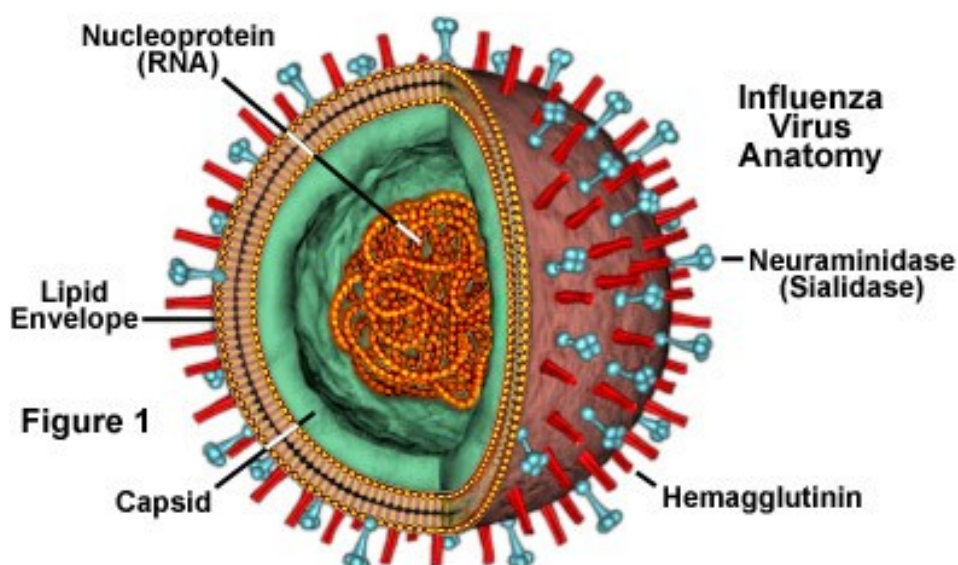
Vedle klasické rýmy je chřipka nejznámějším a jedním z nejrozšířenějších respiračních onemocnění na světě. Pouze ve Spojených státech amerických (USA) se ročně se nakazí 25 až 50 milionů lidí. Mezi základní symptomy chřipky patří bolesti kloubů a svalů, tremor, rýma nebo horečka, která u chřipky dosahuje vysokých hodnot, a to až 40 °C (Houdret 1994). Tyto projevy ale nemusí být vždy stejné, a proto se toto onemocnění může zaměnit s jiným či se stát fatálním (Davidson 2015).

V minulosti, kdy nebyl takový pokrok ve virologických výzkumech a diferenciaci virových respiračních nákaz byla minimální, šlo při podobných příznacích jen velmi obtížně rozpoznat, o jaké onemocnění se vlastně jedná. Veškerá onemocnění projevující se stejnými chřipkovými příznaky se dříve jednotně označovala jako chřipka, bez ohledu na jemné rozdíly v symptomatice nebo na původce onemocnění (Kredba 1970). Právě až díky novým poznatkům a objevům ve virologii můžeme odlišit, zda se jedná o pravý vir chřipky nebo o jiné virové onemocnění jako je např. vir ornitózy, Coxiella burneti nebo jiné onemocnění mající chřipkový průběh.

2.1. Anatomie viru chřipky

Původcem chřipkového onemocnění (influenza) je virus z čeledi orthomyxoviridae, nikoliv bakterie. Infekční virová částice je složena pouze z nukleové kyseliny a proteinového obalu. Tento komplet neboli nukleokapsid je schovaný pod membránovým obalem (Houdret 1994), jak je znázorněno na obrázku č. 1. Mimo lidský organismus je virus málo odolný a rychle hyne. Je snadno deaktivován rozpouštědly, jako je éter nebo chloroform, zároveň je citlivý na všechny běžné dezinfekční prostředky (Houdret 1994).

Obrázek 1: Anatomie viru chřipky



Zdroj: Davidson (2015)

Na povrchu viru se nachází dva antigeny, které slouží jako „klíče“ pro vniknutí viru do buňky. První antigen se nazývá hemagglutinin (H) a zajišťuje přichycení viru na povrch hostitelské buňky. Druhý povrchový antigen se nazývá neuraminidáza (N) a jeho funkcí je narušovat povrch hostitelské buňky a usnadnit tak vstup a výstup viru z a do buňky (Šebek 2006). Tak jak vir v průběhu let mutuje a zároveň ho vědci více zkoumají, přibývají i typy hemagglutininů a neuraminidáz. V roce 2006 bylo známo celkem 15 typů hemagglutininu a devět typů neuraminidáz, koncem roku 2006 byl objeven další typ hemagglutininu a od roku 2015 bylo dosud objeveno 18 typů hemagglutininů a 11 typů neuraminidáz (Šebek 2006, Sedlák 2006, Göpfertová 2015).

Ve virovém obalu jsou upevněny dva strukturní proteiny M1 a M2. Protein M1 se dá označit jako kostra viru, protože vir stabilizuje a určuje základní podobu jeho tvaru. Skrz tento protein prochází kanálky tvořené proteinem M2, který umožňuje svléknutí viru ze svých obalů a umožňuje tak viru uvolnit svou genetickou informaci do hostitelské buňky (Šebek 2006).

V dnešní době se dají jednotlivé typy chřipkových virů odlišit i antigenně. Antigen je specifická látka, kterou imunitní systém pozná a reaguje na ni imunitní odpovědí, nejčastěji tím, že nastartuje produkci jedné či více protilátek. Každá protilátka se poté váže na příslušné antigeny specifickým systémem podobným klíči a zámku. Antigeny jsou buď z vnějšího prostředí (očkování) nebo se tvoří přímo v těle. Odpověď imunitního systému je tedy zničit případně neutralizovat cizí nebo škodlivé antigeny (Jílek 2014).

U chřipky se tyto typy antigenů označují pod písmeny A, B, C a D (WHO 2018). Viry chřipky typu A a B si jsou navzájem velmi podobné, jejich RNA se skládají z osmi částí, patří do stejné skupiny influenza virů a vyvolávají každoroční epidemie. Tyto druhy chřipky se liší nejen jadernými bílkovinami, ale i svou virulentností. Virulence je vlastnost mikrobu, která vyjadřuje stupeň schopnosti vyvolat onemocnění ve srovnání s jinými druhy daného kmene. Nejhorším typem z hlediska pandemií je vir typu A. Je to způsobeno jeho schopností vysoké proměnlivosti a možností kombinovat antigeny člověka a zvířat. Virus typu B takové schopnosti nemá, proto nevytváří hrozbu pandemií a má lehčí průběh (Šebek 2006). Viry typů A a C jsou nakažlivé pro člověka, ale i pro zvířata, kdežto virem typu B se může nakazit pouze člověk (Šebek 2006). Vir typu C má RNA složenou pouze ze sedmi částí a tvoří vlastní druh chřipkového viru. Díky jiné struktuře se přenáší zejména mezi zvířaty, na člověka je přenosný jen velmi vzácně, a to jen na malé děti, u kterých vyvolává jen lehká onemocnění dýchacích cest. Chřipka typu D primárně postihuje dobytek a dosud není znám přenos na člověka (WHO 2018).

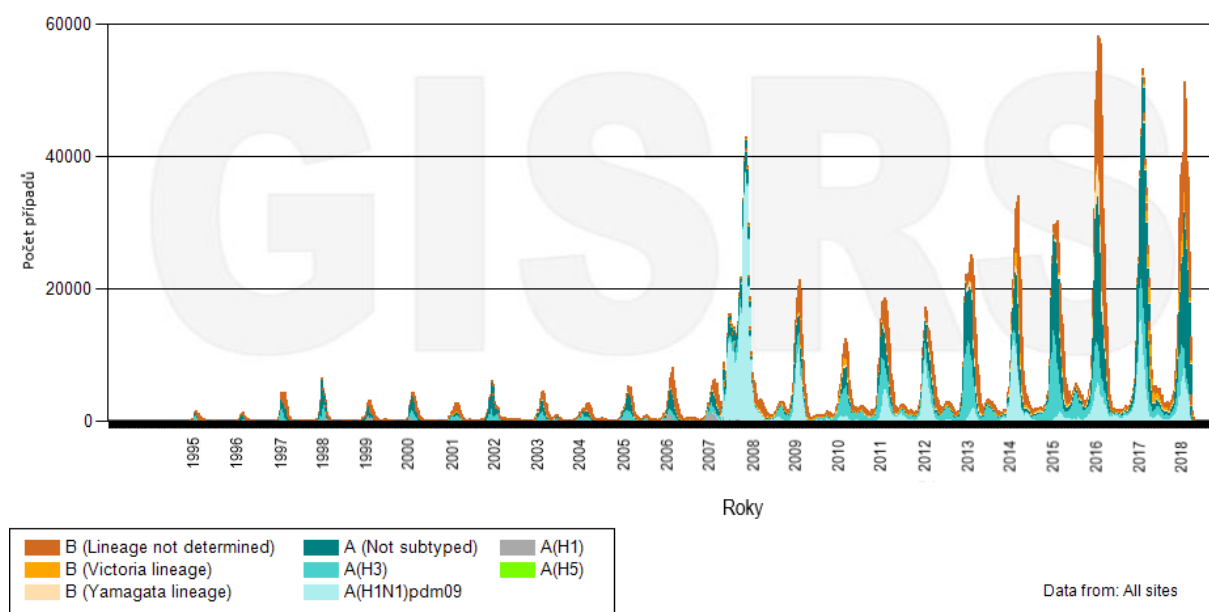
Rozšíření jednotlivých virů chřipky je vidět na grafu č. 1, který dokládá dominanci chřipky typu A. Jak již bylo uvedeno výše, je to způsobeno velkou mutační schopností samotného viru, ale i schopností přenosu nejen mezi lidmi, ale i mezi zvířaty. Dále lze vidět zastoupení chřipky typu B. Viry typu C a D se přenáší mezi zvířaty, proto se na grafu nevyskytují.

Pro účely systematizace bylo vytvořeno speciální názvosloví, kdy každý virus má přesný název, který se skládá z následujících částí:

1. typ viru a původní hostitel (člověk, prase, pták),
2. místo původu (Chile, Hongkong...),
3. číslo kmene,
4. rok nalezení viru.

Do závorky se dále ještě přidává typ hemaglutininu a neuraminidázy (Šebek 2006). Příkladem může být první izolovaný vir ptačí chřipky, který byl biologicky klasifikován později, ale nese označení původního roku objevu – A/Chicken/Brescia/1902(H₇N₇) (Smetana 2018). Dalším příkladem je opět vir typu A, který byl součástí vakcíny pro sezonu 2008–2009 A/Swine/Brisbane/59/2007(H₁N₁) (Smetana 2018).

Graf 1: Incidence typů chřipky v celém světě, 1995–2018



Zdroj: WHO (2020)

2.1.1. Antigenní drift a shift

Tendenci přizpůsobovat se podmínkám svého prostředí a okolí projevují všechny viry, chřipkový vir je však ve své proměnlivosti přeborníkem. Změna se týká obou povrchových antigenů – hemagglutininu a neuraminidázy, které se různě hýbou, transformují a přizpůsobují (Houdret 1994). Právě proto je onemocnění chřipky tak velmi rozšířené. Klíčovými pojmy jsou v této souvislosti antigenní drift a antigenní shift.

Antigenní drift je menší, diskrétnější variace viru. Hemagglutinin a neuraminidáza během svého množení dokážou zcela nebo jen částečně změnit svou genetickou informaci. Zde dojde pouze k drobné změně, ale typ hemagglutininu nebo neuraminidázy zůstane stejný (Staňková 2000). Tato drobná změna je zodpovědná za běžné sezónní chřipky.

Antigenní shift je natolik velká změna v genetické informaci, že dojde k výměně jednoho typu hemagglutininu nebo neuraminidázy za jiný. Tato změna je možná pouze u viru typu A, kvůli počtu segmentů RNA a také protože je jako jediný přenosný z člověka na zvíře a naopak. Zároveň je tedy substrátem pro vznik pandemie (Šebek 2006). Tyto velké změny v genetické informaci se opakují přibližně každých 10–20 let. Jak již bylo řečeno, chřipka typu A napadá nejenom lidi, ale i některá zvířata. Změnou povrchových antigenů může napadnout člověka, koně nebo třeba ptáky. Každý živočišný druh má vědci určené typy povrchových znaků, a tím se poté i snáze zjistí, kdo je původcem viru. Například člověk má typy hemagglutininu H₁, H₂ a H₃. Ptáci mají typy H₁–H₁₅ a vepří H₁ a H₃ (Šebek 2006). Tímto je jednoznačně určené, že například u viru, který začíná označením H₂, nikdy nebude

nositelem nebo přenašečem vepř. Tyto štítky s názvy jsou poté velmi důležité při pandemických stavech, kdy se vybíjejí celé chovy hospodářských zvířat, aby nedošlo k záměně.

Přesto, že dochází k těmto změnám a starší lidé bývají náchylnější k onemocnění, mohou být proti pandemické formě viru odolnější právě oni. Můžou se totiž s virem, který má stejnou formu setkat i několikrát za život. Zde se poté uplatní imunitní systém, který si „pamatuje“ všechny dřívější formy viru, a tak může mít organismus protilátky z předešlého onemocnění nebo je vytvoří rychleji a tělo je tím pádem schopno časněji zareagovat (Šebek 2006).

2.2. Léčba a epidemiologické opatření

Epidemiologické opatření proti chřipce můžeme rozdělit na dvě hlavní skupiny. Jedná se o prevenci, tudíž opatření ještě před vypuknutím nemoci, a represivní opatření, tedy kroky podnikané po vypuknutí nemoci.

Zároveň je velmi důležité uvědomit si, co je každoroční epidemie chřipky a kdy přerůstá v pandemii. Každoroční výskyt chřipky totiž neznamena, že se jedná o pandemii nebo výskyt nového kmene viru. Epidemie je způsobená antigenním driftem a jedná se o abnormálně vysokou incidenci onemocnění omezenou prostorem a časem. Obecně o pandemii mluvíme, pokud dojde k antigennímu shiftu a rozšíření infekčního onemocnění bez jakéhokoli prostorového či časového omezení (Simonsen 1998). Dle definice Světové zdravotnické organizace (WHO) (2010) je pandemie charakterizována šířením nového pandemického viru, na který většina lidí nemá imunitu. Pro chřipkové pandemie, ale obecně i pro pandemie jiných onemocnění, je typický průběh ve vlnách. První vlna znamená, že se onemocnění rozšířilo natolik, že ve většině zemí světa je hlášena celostátní epidemie. Následně dochází k oslabení viru, snížení počtu nemocných a pomalý nástup zpět do normálního života, ale s tím přichází i počátek následné druhé vlny. Až po ukončení druhé, či více vln onemocnění dochází k finálnímu odeznění pandemie a návratu k běžnému způsobu života (Šebek 2006). Obvykle mívají pandemie dvě vlny, ale může jich být libovolný počet, jako na příklad u Španělské chřipky, která měla celkem čtyři vlny.

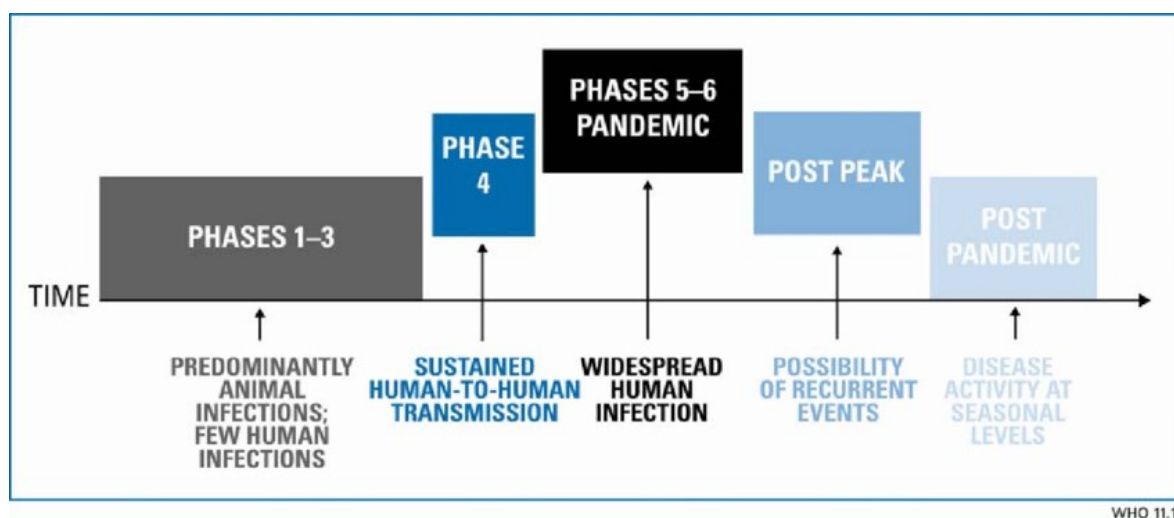
2.2.1. Primární opatření

Incidence chřipky je nepřetržitě sledována WHO, jelikož toto onemocnění podléhá povinnému hlášení i mezinárodní surveillance (z anglického dozor, dohled), které koordinují jednotlivé státní zdravotnické orgány. Surveillance znamená různé postupy a monitorování, v tomto případě chřipkových virů obíhajících v lidské populaci. Existuje celosvětový

pandemický plán, který obsahuje šest fází (dle aktuálního rizika vzniku pandemie), ale existují i jednotlivé národní pandemické plány (Göpfertová 2015). Ty stanovují úkoly jednotlivých úřadů a organizují opatření v jednotlivých fázích. Součástí je zajištění sběru informací a jejich distribuce, vytvoření dostatečné kapacity lůžek v nemocnicích, zajištění dostatečného množství vyšetřovacích metod a vytvoření zásob léků a vakcín.

Jak již bylo zmíněno, pandemický plán WHO z roku 2009 je rozdělen do šesti fází dle závažnosti přenosu (viz obrázek č. 2).

Obrázek 2: Fáze pandemického plánu WHO



Zdroj: WHO (2009, str. 24)

Ve fázi 1 se virus pohybuje pouze mezi zvířaty, teoreticky může způsobit pandemii, ale není zaznamenán žádný případ přenosu na člověka.

Fáze 2 poukazuje na to, že virus cirkulující u domestikovaných či divoce žijících živočichů se přenesl na člověka, a tudíž je považován jako potenciální pandemická hrozba.

Fáze 3 již obsahuje přenos ze zvířete na člověka, ale pouze jen sporadicky či v malých hloučkách a nebyl zaznamenán přenos z člověka na člověka. Mezilidský přenos může proběhnout pouze za určitých podmínek, při velmi těsném kontaktu (na příklad mezi rodinnými příslušníky, či u nechráněného pečovatele nebo zdravotníka). Nicméně tento virus se v populaci šíří jen za určitých podmínek a nedosáhl úrovně přenosnosti potřebné k vyvolání pandemie.

Fáze 4 je charakterizována přenosem z člověka na člověka, vyvolaná zvířecím či lidsko-zvířecím virem, schopným způsobit ohniska na úrovni komunity. Schopnost vyvolat onemocnění v komunitě výrazně ovlivňuje posun v riziku vzniku pandemie. Každá země

mající podezření z šíření takového viru nebo takovou událost již ověřila by měla neprodleně konzultovat s WHO, aby mohla být situace posouzena a mohly se zavést kroky k zadržení případné pandemie. Tato fáze tedy naznačuje zvýšené riziko pandemie, neznamená však její vypuknutí.

Fáze 5 znázorňuje přenos viru z člověka na člověka do nejméně dvou zemí a jednoho regionu WHO. V této fázi není ohrožena většina států světa, ale vyhlášení fáze 5 znamená blížící se pandemii, a že čas na dokončení organizace, komunikace a implementování zmírňujících opatření se krátí.

Fáze 6, pandemická fáze, je charakterizována šířením viru alespoň v jedné zemi jiného regionu WHO krom kritérií definovaných ve fázi 5. Vyhlášení této fáze znamená, že probíhá globální pandemie.

Následně probíhá období po špičce pandemie, tzv. post-peak období, které znamená, že choroba ve většině zemí podléhajících dohledu klesne pod nejvyšší pozorovanou hodnotu. Znamená to tedy, že pandemická aktivita klesá, není však jisté, zda se neschyluje k dalším vlnám a země nebudou potřebovat být připravené na další vlnu.

Při trvalém snížení počtu nemocných a získání trvalé úrovně se může vyhlásit poslední, postpandemické období. Aktivita chřipkového onemocnění v tomto období se vrátí na úroveň běžně pozorované u sezónní chřipky. Očekává se, že se pandemický virus bude chovat jako sezónní virus chřipky A. V této fázi je důležité udržovat dohled a aktualizovat pandemickou připravenost a reakční plány odpovídajícím způsobem. Může být zapotřebí intenzivní fáze obnovy a vyhodnocení (WHO 2009).

Každá země mající své pandemické plány je průběžně aktualizuje dle nových poznatků o chování, šíření viru, vzniku nových pandemických variant a dále dle nejnovějších doporučení WHO a implementaci Mezinárodních zdravotnických předpisů (MZČR 2011). Tyto pandemické plány lze uplatnit i při výskytu jiných infekčních onemocnění, na příklad SARS, či jak proběhlo při pandemii nemoci COVID-19.

Pandemický plán Česka je listina obsahující postupy a systém, jak reagovat na chřipkovou pandemii způsobenou novým typem chřipkového viru. Hlavním cílem plánu v případě vzniku pandemie chřipky je zmírnit její očekávané zdravotní, sociální a ekonomické následky. Mezi hlavní cíle tohoto programu na příklad patří:

- posílení národního systému rychlého varování pro včasné zachycení možného onemocnění způsobeného pandemickým kmenem,
- rychlá identifikace nové varianty chřipkového viru u drůbeže, ptáků či jiných zvířat,

- rychlé zachycení vzniku nového subtypu viru chřipky v populaci,
- minimalizování rozšíření nového viru a předejití vzniku pandemie, pokud je to možné,
- průběžné vyhodnocování epidemiologické situace, analýza výskytu, přijímání okamžitých protiepidemických opatření,
- zabezpečení léčby nemocných a léčba komplikací,
- zabezpečení pohřbívání mrtvých,
- redukování dopadu pandemie chřipky (MZČR 2011).

Mezi hlavní principy tohoto plánu patří přerozdělení rolí a úkolů všech sektorů společnosti Česka (vláda, zdravotnický sektor, sektor nezbytných veřejných služeb, média, civilní organizace a sdružení, rodiny a jednotlivci), dále zajištění etičnosti pandemické připravenosti a odpovědi, a v neposlední řadě sem patří integrace pandemické připravenosti do krizových plánů (MZČR 2011).

V prevenci chřipky mají stále největší význam tzv. nesespecifická opatření. Jedná se o jednoduché postupy, které jsou ale velmi účinné a platí pro velkou škálu infekčních onemocnění. Mezi tyto kroky patří na příklad krátké a intenzivní větrání, otužování, ale zároveň chránění se před nachlazením, dostatečná konzumace vitamínu C a vyhýbání se úzkému kontaktu s infikovanou osobou, zakrývání kašle a kýchání, časté mytí rukou (Šebek 2006). Dalším primárním opatřením je častá, ale přiměřená fyzická aktivita, zejména procházky na čerstvém vzduchu, kvalitní a dostatečný spánek a nesdílení osobních předmětů (mobilní telefon, sklenice, příbor, hračky apod.) (SZÚ 2019).

2.2.2. Chřipková vakcína

V prevenci svou významnou roli hraje i očkování. WHO vytvořila tzv. Globální akční plán pro vakcíny proti chřipce (GAP), který je komplexní strategií ke snížení očekávaného globálního nedostatku a nespravedlivého přístupu k vakcínám proti chřipce v případě pandemie prostřednictvím tří přístupů:

1. zvyšování používání sezónních vakcín proti chřipce na základě důkazů;
2. zvýšení kapacity výroby globálních pandemických vakcín a posílení vnitrostátních regulačních kompetencí;
3. podpora vývoje nových nebo vylepšených vakcín proti chřipce, které jsou výnosnější a rychlejší (WHO 2012).

Očkování se každoročně provádí ve velkém předstihu před sezónou, to znamená od října do listopadu. Očkování se standardně podává do svalu v jedné dávce, pouze u dětí

do tří let věku v dávkách dvou. Očkování by z pravidla mělo být jen málo bolestivé a jen ve velmi vzácných případech způsobovat chřipkové symptomy (Göpfertová 2015).

Očkování je primárně určeno pro osoby, u kterých je potřeba snížit pravděpodobnost onemocnění nebo pro osoby, kde je zvýšené riziko přidružených komplikací. Dle Göpfertové (2015) je očkování tedy zvláště doporučeno osobám s chronickým onemocněním, u kterých by onemocnění vedlo ke zhoršení jejich základního onemocnění a osobám, které mají vysoké riziko výskytu komplikací po onemocnění nákazou, zejména vzniku pneumonie. Jedná se především o starší osoby nad 65 let nebo o osoby jakéhokoli věku, tzn. i dětí, jestliže se u nich vyskytuje některé z chronických onemocnění. Mezi tato chronická onemocnění například patří onemocnění dýchacích cest včetně astma, onemocnění srdce, cév, ledvin a jater, metabolická onemocnění včetně diabetu I. typu, vrozené nebo získané onemocnění imunitního systému, osoby s poruchou funkce plic a průdušek, včetně poruch respirační funkce po poranění mozku, míchy či jiných neurologických či svalových poruchách (Göpfertová 2015). Dále je očkování doporučeno těhotným ženám bez ohledu na fázi těhotenství a osobám, které by mohly zvýšit možnost nakažení osob z rizikových skupin (např. zdravotníci, sociální pracovníci, pracovníci ve školství apod.).

Výše uvedený přehled nejvíce ohrožených skupin obyvatel neznamena, že by se ostatní skupiny lidí neměly nechat očkovat, naopak, některé země doporučují plošné očkování všech dětí. Je to zejména z toho důvodu, že chřipka právě u dětí mívá často závažný průběh.

Krátce poté, co vědci identifikovali virus chřipky A, začali pracovat na vytvoření vakcíny, přičemž první klinické studie začaly již v polovině 30. let. První vakcína byla v roce 1938 vyvinuta Jonasem Salkem a Thomasem Francisem (Davis 2020).

Vzhledem k vysokému počtu obětí na chřipku po první světové válce měla americká armáda o vakcínu proti chřipce velký zájem. Během druhé světové války byli američtí vojáci součástí polních testů bezpečnosti a účinnosti nové vakcíny. Ovšem během těchto testů v letech 1942–1945 vědci objevili chřipku typu B, což vyžadovalo novou bivalentní (dvousložkovou) vakcínu, která chrání jak proti H₁N₁, tak proti viru chřipky B. Zkoumání chřipky přispělo i k dalším objevům – Jonas Salk díky svým zkušenostem s vakcínou proti chřipce v roce 1952 vytvořil efektivní vakcínu proti dětské obrně (Davis 2020).

Po pandemii asijské chřipky v roce 1957 byla vyvinuta nová vakcína chránící proti H₂N₂. V tuto dobu zároveň WHO začala sledovat kmeny viru chřipky v různých zemích, aby určila, která vakcína proti chřipce bude v nadcházející sezóně potřebná, ovšem vakcíny této doby nebyly tak dokonalé jako dnes a měly velkou řadu vedlejších účinků (Barberis 2016).

V roce 1964 byla vyvinuta první štěpená vakcína, která přinesla poznatek, že je uspokojivě schopná navodit tvorbu protilátek a zároveň podstatně méně vyvolávala vedlejší či nežádoucí účinky. V roce 1976 byla vyrobena první subjednotková vakcína, to znamená, že obsahovala jen určité povrchové antigeny chřipkového viru (Barberis 2016). První trivalentní (třísložková) vakcína byla vyvinuta během pandemie v roce 1978, která chránila před chřipkou typu A, subtyp H_1N_1 , dále před subtypem H_3N_2 a virem typu B. Většina vakcín proti sezónní chřipce s licencí v USA byla od té doby trivalentní. V roce 2012 byla schválena k použití první tetraivalentní (čtyřsložková) vakcína, chránící před další linií chřipky B (Hannoun 2014).

Dnes se stále častěji používá tetraivalentní vakcína a vědci z WHO společně se spolupracujícími centry určují, proti kterým kmenům se má očkovat, na základě toho, jak viry v uplynulém roce zmutovaly a jak se šíří. Díky neustálému zlepšování vakcín a dozoru WHO přijalo mnoho zemí doporučení ohledně sezónního očkování (Cowling 2017).

Chřipková vakcína není stálá, jako je tomu u jiných vakcín, ale mění se každý rok. Antigen v této vakcíně se každoročně mění, dle odhadů, jaký chřipkový virus bude kolovat v následující chřipkové sezoně, výrobní proces a ostatní složky zůstávají neměnné. Vakcína je tradičně vyráběna na kuřecích embryích. Tato metoda je výhodná právě díky své dlouhodobé tradici, tudíž perfektní znalosti její přípravy, ale je nevýhodná z hlediska omezenosti embryí, dlouhému procesu přípravy (ta trvá až půl roku) a možnosti alergické reakce na kuřecí protein. Z tohoto důvodu se začínají používat i savčí tkáňové kultury, které umožňují větší flexibilitu, zejména v možnosti rychlejší produkce, zvýšení výroby a příprava je o něco snazší. Největší výhodou těchto vakcín je lepší adaptace na lidské podmínky, tudíž možnost očkovat osoby alergické na klasické „kuřecí vakcíny“ (Davis 2020).

Vakcíny proti pandemické chřipce jsou vyráběny jako odpověď na specifický kmen viru chřipky, který způsobuje rozsáhlé šíření onemocnění. Od sezónních vakcín se liší několika způsoby. Prvním rozdílem je, že vědci ve zdravotnictví musejí vyrobit vakcíny z nového virového kmene, který v předchozích sezónách chřipky odborníci neodhalili a nebyl tudíž zahrnut do sezónních vakcín proti chřipce. Tyto kmeny chřipky jsou obvykle natolik nové, že většina lidských imunitních systémů je jen velmi těžko rozpozná, což umožňuje virům rychle se šířit po celém světě (Davis 2020).

Na trhu s chřipkovými vakcínami je spousta druhů, ale vždy třísložkové nebo tetraivalentní, liší se ale i svým složením. Existují chřipkové vakcíny inaktivované (neboli usmrcené), živé (oslabené), subjednotkové (inaktivovaná vakcína obsahující pouze komponenty mikroorganismu), štěpné (inaktivovaná vakcína obsahující rozštěpené částice mikrobů a vnitřní a vnější antigeny) nebo adjuvované (posílené) (Franc 2020, Davis 2020).

Vakcíny proti pandemické chřipce obsahují pouze jeden kmen pandemického viru (například typ H₁N₁) namísto obvyklých tří nebo čtyř typů chřipky používaných v klasických sezónních vakcínách. Sezónní vakcíny jsou syntetizovány a distribuovány vždy před začátkem nové chřipkové sezóny (přibližně od 4. října do května následujícího roku), zatímco proti pandemické vakcíny musí být syntetizovány a distribuovány až poté, co byl identifikován pandemický virus, který již zahájil své šíření (Davis 2020).

2.2.3. Sekundární opatření

Sekundární opatření se také nazývají represivní, neboť se jedná o kroky podnikané po vypuknutí onemocnění u jednotlivců nebo epidemie ve společnosti.

Léčba nemoci je samozřejmě modifikována v závislosti na nemocném člověku, zda se jedná o těhotnou ženu, imunokompetentního jedince v dobrém stavu nebo imunokompromitovaného jedince, kde může být zvažena i hospitalizace (Chmelík 2009). Pokud již nemoc vypukne, je velmi důležité nepodávat antibiotika a zjistit o jakého člověka se jedná. Nejjednodušší je léčba symptomatická doprovázená specifickými léky. U symptomatické léčby je základem klid na lůžku, léky potlačující horečku, kašel či ucpaný nos a zůstat doma ještě minimálně 24 hodin po odeznění horečky (CDC 2021).

Specifické léky nazýváme chřipková virostatika a účinkují přímo proti chřipkovým virům. Chřipková antivirotika jsou jedny z nejstarších léků proti chřipce. Práce virostatik nespočívá v ničení viru, ale v nemožnosti napadat buňky a následnému pomnožení viru. To hraje významnou roli při podání. Pokud podáme virostatika pozdě, tudíž když už jsou viry přemnožené, mají léky nesprávný nebo nulový účinek. Virostatika na základě lékařského rozhodnutí mohou být podávány preventivně, vždy ale záleží na jednotlivci a dané situaci. Předepsání těchto léků ale vždy musí být založeno na důkazu nebo vysoké pravděpodobnosti, že osoba bude vystavena infekci nebo již chřipkovou virovou infekci má (Couch 2000).

Mezi kroky podnikané po vypuknutí epidemie patří příslušné odběry biologického materiálu u pacientů s diagnostikovanou nemocí chřipka a následný odborný transport materiálu do laboratoře. Dále sem patří odběry včetně informací pro surveillance, kdy laboratoř poskytne detailní informace o antigenní povaze izolátů (Göpfertová 2015). Každý týden, případně častěji dle epidemiologické situace, se hromadně hlásí příslušné hygienické stanici počet nakažených, komplikace a úmrtí. Při vyšší incidenci nemocných nebo větší epidemii je jedním z kroků domácí karanténa nemocných, omezení shromažďování lidí a zákaz návštěv v nemocnicích.

S omezováním na nižší úrovni, to znamená ne celostátní či globální úrovni, souvisí vyhlásování chřipkových prázdnin. Tím vyplouvají na povrch otázky jako kdo je vyhláshuje, zda je to v kompetenci ředitele školy, a pokud ano, na jak dlouho.

Pojem „chřipkové prázdniny“ právní předpisy, které upravují provoz škol a školních zařízení neznají. Existuje pouze vyhláška Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy stanovující, že školní prázdniny jsou pouze podzimní, zimní, jarní a hlavní. Tato vyhláška určuje i jejich délku. K řešení dané situace lze využít ustanovení vyhlášky č. 362/1991 Sb.:

- § 4 odst. 1, kde je uvedeno: *„Ze závažných důvodů, zejména organizačních a technických, může ředitel školy vyhlásit pro žáky volné dny, a to v jednom školním roce nejvíce čtyři.“*;
- § 6, v němž se stanoví: *„Ředitel školy může stanovit po projednání se zástupci rodičů nebo jiných zákonných zástupců žáků, po dohodě se zřizovatelem a se souhlasem ministerstva ze závažných důvodů odlišnou organizaci školního roku; ve středních zdravotnických školách se souhlasem ministerstva zdravotnictví.“*

Neexistují žádná omezení k postupu podle § 6, ani právní opatření. Záleží tedy pouze na domluvě mezi zúčastněnými stranami. Kromě těchto dvou paragrafů lze postupovat i dle zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů. Podle § 69 odst. 1 písm. b) *jsou mimořádnými opatřeními při epidemii nebo nebezpečí jejího vzniku „zákaz nebo omezení styku skupin fyzických osob podezřelých z nákazy s ostatními fyzickými osobami, zejména omezení cestování z některých oblastí a omezení dopravy mezi některými oblastmi, zákaz nebo omezení slavností, divadelních a filmových představení, sportovních a jiných shromáždění a trhů, uzavření lůžkových zařízení léčebně preventivní péče, zařízení sociální péče, škol, předškolních zařízení, školských zařízení, zotavovacích akcí, jakož i ubytovacích podniků a provozoven stravovacích služeb nebo omezení jejich provozu“.*

Dle tohoto zákona mimořádná opatření, jejich rozsah a délku platnosti určí místní příslušník orgánu ochrany veřejného zdraví dle místa výskytu infekčního onemocnění. V takovém případě by orgánem ochrany veřejného zdraví byla krajská hygienická stanice. Odvolání proti těmto nařízením nemá odkladný účinek a osoby jsou povinny se těmto opatřením podřídit (Berka 2003).

3. Výskyt a šíření infekčních onemocnění

Epidemiologové se již dlouho zajímají o geografický výskyt a šíření infekčních nemocí. Jednou z prvních studií tohoto typu byla vlivná práce Johna Snowa, který se snažil porozumět důvodům distribuce případů cholery. V rámci své práce zaznamenal vysoký stupeň prostorové lokalizace případů. Tento vzor lokalizovaného přenosu je charakteristickým prvkem většiny epidemií infekčních nemocí (Sattenspiel 2009). Dalším ovlivňujícím faktorem při přenosu infekčních onemocnění může být sousedský efekt. Vliv sousedství je koncept ekonomické a sociální vědy, který předpokládá, že sousedství má přímý nebo nepřímý vliv na chování jednotlivce, v tomto případě na přenos onemocnění (Rogers 2013).

Některé z prvních modelů popisujících geografické šíření infekčních chorob byly vyvinuty s cílem porozumět a předpovědět šíření epidemií. Tyto modely i nadále poskytují základ pro důležitý současný výzkum. Většina raných modelů pro geografické šíření nejen chřipkových epidemií i několik dalších nových modelů přistupovalo k problému z pohledu populace. Jinými slovy, tyto modely předpokládají, že se všemi jednotlivci v populaci nebo jejích podskupinách lze zacházet stejně. V posledních letech se však v reakci na rostoucí strach z celosvětové pandemie chřipky vyvinuly modely založené na jednotlivcích a aplikovaly se na pochopení toho, jak se chřipka šíří mezi populacemi a jak může být její šíření minimalizováno, pokud do lidské populace vstoupí nový kmen chřipky (Sattenspiel 2009). Nicméně distribuce populací v prostoru a vzorce interakcí, které spojují skupiny, jsou důležité vlivy na šíření infekčních nemocí v čase a prostoru.

3.1. Přenos infekčních onemocnění

Prostorová epidemiologie se zabývá studiem prostorových variací rizika nebo výskytu onemocnění. Několik ekologických procesů může vyústit v silné prostorové vzorce takového rizika nebo dopadu. Například může být vysoce lokalizováno šíření patogenů, mohou být prostorově omezeny vektory nebo rezervoáry patogenů nebo mohou být shlukováni vnímaví hostitelé (Ostfeld 2005). Jiné zdroje uvádí, že prostorová epidemiologie je popis a analýza geografických variací onemocnění s ohledem na demografické, environmentální, behaviorální, socioekonomické, genetické a infekční rizikové faktory. Zaměřuje se na maloplošné analýzy zahrnující mapování chorob, geografické korelační studie, shluky nemocí a shlukování. Je to součást dlouhé tradice geografických analýz sahajících do roku 1800, kdy se začaly objevovat mapy míry nemocí v různých zemích, které charakterizovaly šíření a možné příčiny ohnisek infekčních nemocí, jako je žlutá zimnice a cholera (Elliot 2004).

Šíření infekčních onemocnění umožňují tři základní pilíře epidemického procesu, které musí být přítomny, aby došlo k šíření nákazy. Tyto pilíře jsou zdroj nákazy, přenos nákazy a citlivý jedinec. Při znalostech všech článků tohoto procesu můžeme omezit nebo úplně zamezit šíření infekčních onemocnění, dále můžeme zajistit eliminaci až eradikaci onemocnění (Tuček 2012). Zdrojem nákazy je infekční agens, tím může být zvíře nebo člověk. To znamená, že zdrojem nákazy nemůže být voda, půda či jiné. Tyto vehikuly jsou pouze kontaminovány dříve zmíněnými zdroji a slouží pouze jako rezervoár (Tuček 2012).

Přenos nákazy ze zdroje k vnímavému jedinci se liší v závislosti na tom, v jaké tkáni je agens lokalizováno nebo jaké jsou vstupní brány infekce do hostitele. Tyto brány mohou být přes porušenou kůži, sliznici, oční spojivku, alimentární ústrojí nebo přes urogenitální trakt. K přenosu nákazy (k infikování) dochází pouze pokud mikroorganismus pronikne skrz stěnu daného ústrojí či rovnou do buněk. Další možností přenosu nákazy je z matky na plod (Göpfertová 2013). Přenos nákazy může být také přímý nebo nepřímý. U přímého přenosu předpokládáme současný výskyt zdroje a vnímavého jedince na jednom místě v jeden okamžik. Do těla vstupuje přímou cestou: kontaktem kůží nebo sliznic, kapénkami, pokousáním či poškrábáním (klíště, komár) nebo transplacentárně. U nepřímého přenosu nepředpokládáme současnou přítomnost zdroje a vnímavého jedince. Do těla vstupuje nepřímou cestou pomocí infikovaných předmětů (kapesníky, injekční stříkačky), vehikul, biologických předmětů nebo vektorů (Göpfertová 2013).

Posledním článkem epidemického procesu je citlivý jedinec. Tuček (2012, str. 167) uvádí, že: *„Dochází k vzájemné interakci mikroorganismu a makroorganismu, jejímž výsledkem je infekční proces.“* Existují protipóly vnímavosti: absolutní vnímavost (onemocní každý napadený jedinec) a absolutní odolnost (napadený jedinec ne onemocní) (Göpfertová 2013).

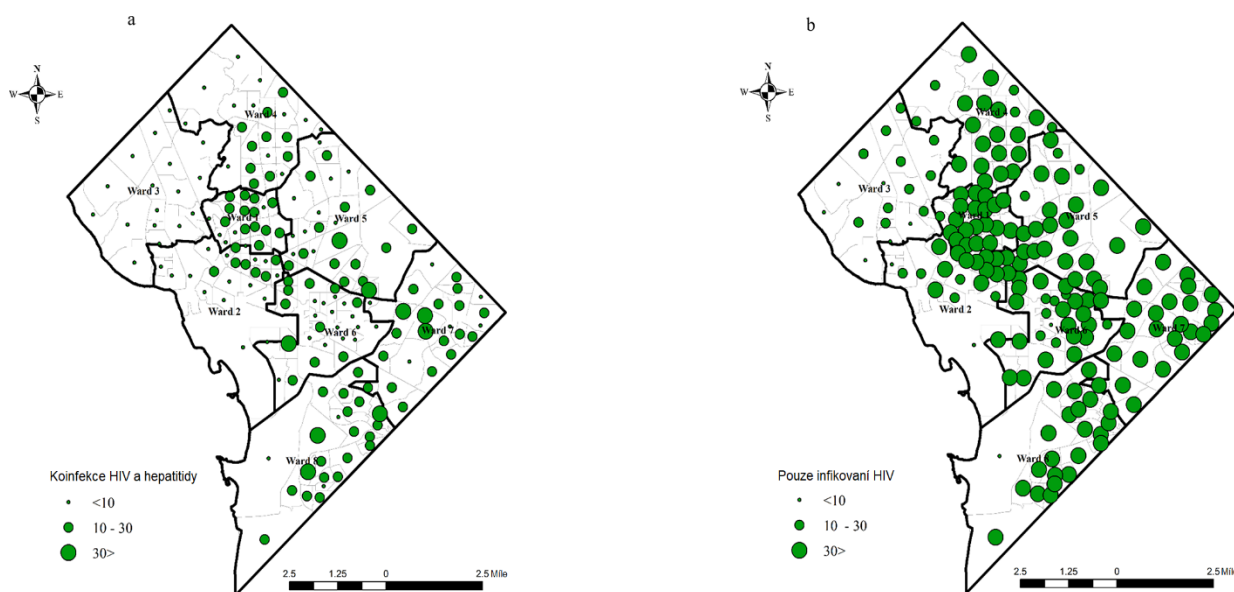
Šíření respiračních virů je složitý proces, avšak tři faktory zcela vyčnívají. První dva z nich jsou lišící se doba, po jakou je virus v prostředí a přežívání částic v aerosolu, a třetím faktorem je velikost infekčních částic a jejich usazovací rychlost. Ty částice, které se rychle usazují, jsou velkým rizikem pro osoby nacházející se v blízkosti zdroje viru. Naproti tomu menší částice, v menší koncentraci, mají schopnost šířit se dále od zdroje a pravděpodobně způsobují spíše infekce dolních cest dýchacích (Hall 2007). Dalším faktorem ovlivňující především výsledek úspěšného přenosu, tzn. zda infekce vznikne či nikoliv, je infekční dávka virových částic, kterou infikovaná osoba vyloučí do okolí a schopnost citlivého jedince ji přijmout. Čím je vyšší koncentrace viru v aerosolu, tím snáze dochází k přenosu infekce (Hall 2007).

Šíření virů pomocí vektorů se geograficky vyskytuje v oblastech s infikovanými vektory, což je například klíště, komár nebo liška. Vir je přenášen na člověka kousnutím nebo poškrábáním infikovaným vektorem. U šíření virů pomocí vektorů neexistuje interhumánní přenos (Göpfertová 2013).

Výskyt některých nemocí z geografického hlediska je koncentrovaný v okolí velkých měst, kde lze pozorovat sociální přesah. Toto je vidět na příklad u HIV v Česku, kdy nejvyšší počet nových případů je koncentrován v hlavním městě Praha. Vyšší výskyt je znatelný v krajích obsahujících velká města nebo vyšší turistický ruch, jako je Moravskoslezský kraj či Jihočeský kraj. Tyto výsledky mohou být lehce zkreslené, jelikož vyšetřování neuvádí aktuální místo bydliště a mnoho lidí uvádí pouze trvalé bydliště (Malý a kol. 2017). Mnoho lidí mající HIV je zároveň postiženo chronickou virovou hepatitidou kvůli stejným přenosovým cestám.

Na obrázku č. 3 je vidět, že distribuce koinfekce HIV a chronické hepatitidy (a) a výskyt pouze HIV (b) je soustředěn ve stejných místech. Největší výskyt těchto onemocnění je v okolí nejhustěji osídlených částí města.

Obrázek 3: Distribuce koinfekce HIV a hepatitidy ve Washingtonu D.C.



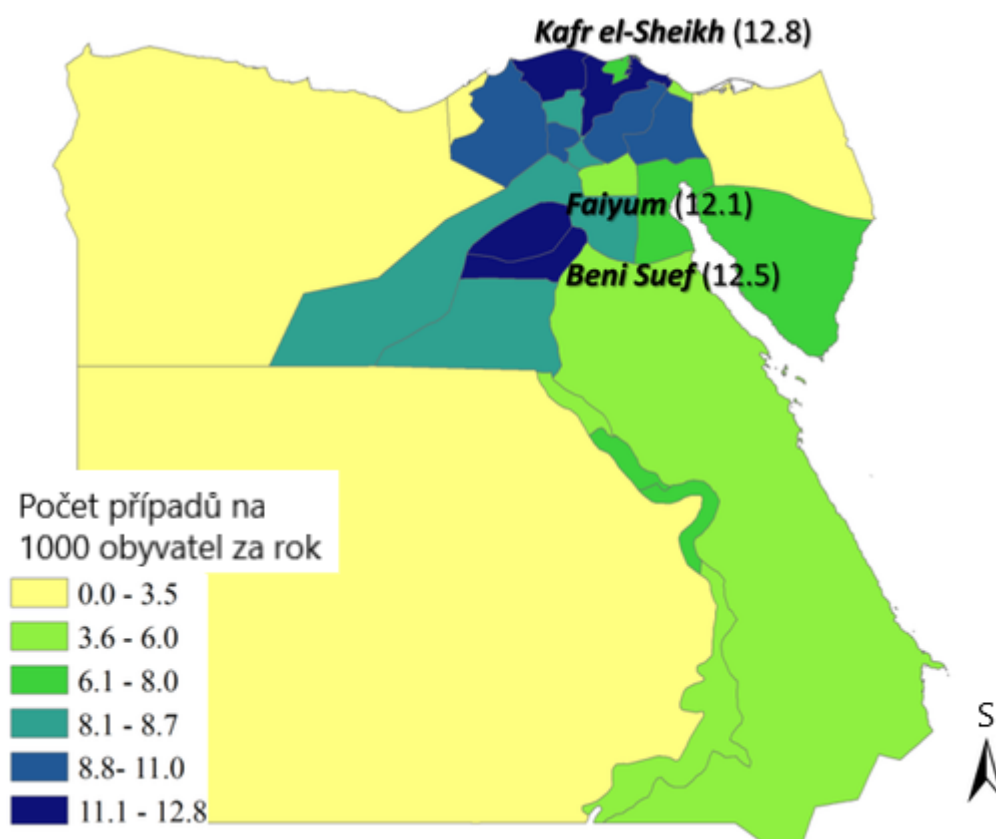
Zdroj: Das (2018, str. 4)

Chronická virová hepatitida (typ B i C) má celosvětovou distribuci, která se vyskytuje mezi osobami všech věkových skupin, pohlaví, rasami a regiony světa. Stále se objevují nové infekce z důvodu pokračujícího používání netříděných nebo nevhodně vyšetřovaných krevních transfuzí a krevních produktů, nedostatečná sterilizace lékařského vybavení

a nárůstu intravenózního užívání drog v dříve nedotčených oblastech (Lavanchy 2011). Jedna z nejvyšších prevalencí hepatitidy typu C je v Egyptě.

Obrázek č. 4 popisuje incidenci hepatitidy typu C v Egyptě z roku 2008. Na této mapě lze vidět, že zvýšená incidence (modrá barva) se vyskytuje v oblastech s hustým osídlením (Alexandrie, Káhira), nebo pak v severních venkovských oblastech v okolí Nilu.

Obrázek 4: Incidence hepatitidy typu C v Egyptě v roce 2008



Zdroj: Cuadros (2014, str. 1156)

Pandemie nového koronaviru vyvolala mnoho otázek týkajících se šíření virů a podobnosti s chřipkou. Symptomy mezi chřipkou a nemocí COVID-19 mívají často podobnou prezentaci. Nejdříve je nutno poznamenat, že obě onemocnění jsou respirační a infekční a způsobují velkou řadu možných projevů, od zcela asymptomatického průběhu, přes lehké projevy až po velmi vážný průběh či smrt. Chřipka má spíše klasické symptomy, jako je únava, rychle nastupující horečka nebo bolest kloubů a svalů. Symptomy koronaviru mají velké rozpětí od velmi mírných až po velmi těžké, jako jsou vysoké horečky a dušnost, ztráta čichu, suchý kašel, třesavka a zimnice (Rettner 2020). Druhou hlavní spojitostí je přenos těchto nemocí. Obě onemocnění se přenášejí kontaktem, aerosolem, kapénkami nebo kontaminovanými předměty. Tudíž při obou nemocech je doporučen stejný postup

prevence, která se na příklad skládá z dobré hygieny, častým mytí rukou, kýcháním do kapesníku, který je následně vyhozen do odpadkového koše atp. (WHO 2020).

Největší rozdíly jsou v rychlosti přenosu, inkubační době, reprodukčním čísle a dále pak v počtech závažných případů a úmrtí. V roce 2020 z celkových 38 milionů nakažených chřipkou na celém světě bylo hospitalizováno jedno procento nemocných, kdežto u koronavirové nákazy bylo hospitalizováno 12 % nakažených. Míra fatality na chřipku je v USA okolo 0,1 %, což je velmi nízké číslo, které odpovídá poměrně velké proočkovanosti obyvatelstva a zdravotního personálu. Počet zemřelých na COVID-19 je vyšší než u chřipky a obecně se míra fatality uvádí mezi třemi a čtyřmi procenty (WHO 2020). Vzhledem k rozdílnosti obou skupin virů a následků nemoci, nemůžeme označit pandemii koronaviru za další pandemii chřipky.

3.2. Šíření chřipky a její historie

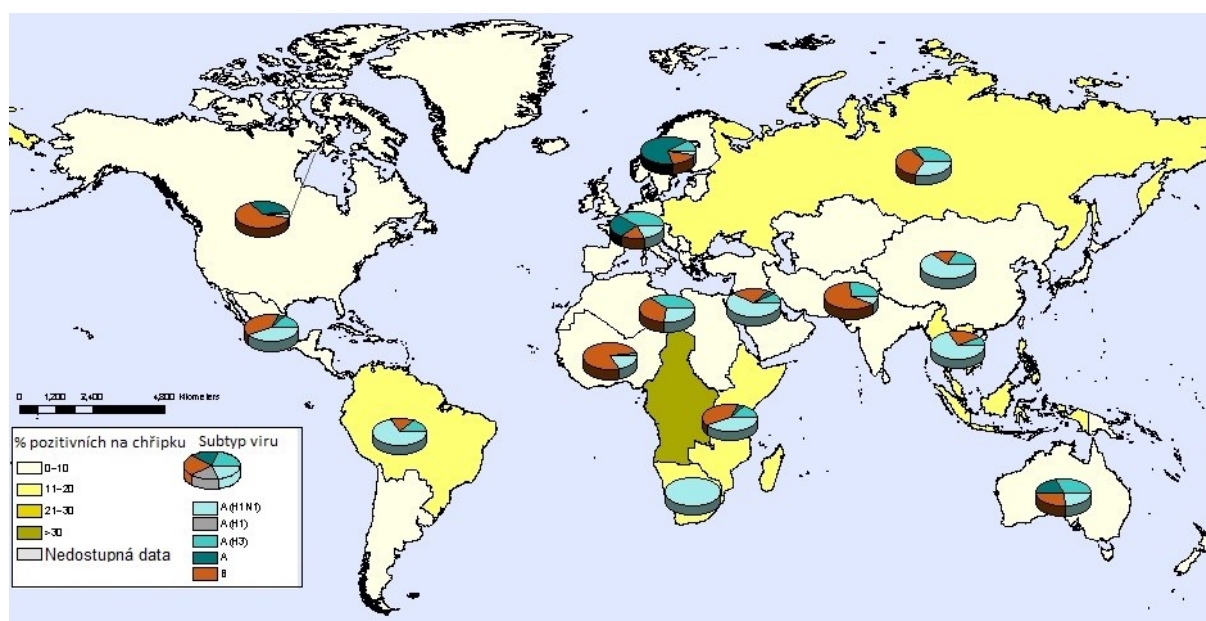
Chřipka je vysoce nakažlivé akutní respirační onemocnění, které způsobuje periodické sezónní epidemie a globální pandemie a v mnoha zemích vykazuje výraznou sezónnost. Přesto, že je sezónní výskyt chřipky dobře charakterizován, příčiny přispívající k jejímu šíření doposud nejsou zcela objasněné (Lowen 2007). Šíření chřipkových virů v prostoru je ovlivněno mnoho faktory jako je typ viru, imunologické podmínky člověka, klima nebo sociální kontakty (Yoshinari 2011).

Virus se přenáší kapičkami, které se tvoří při kašlání, kýchání, a dokonce i při mluvení. Tyto kapičky, zvané kapénky, se přenáší vzduchem na vzdálenost necelé dva metry (Šebek 2006; CDC 2018). Nejčastějším přenosem je tedy vdechnutí či ulpění na sliznici. Méně častý přenos je kontaminovaným materiálem (klávesnice, kliky, ...), který je následně zanesen na sliznici tím, že si sáhneme do obličeje – do oblasti očí, nosu či úst (Göpfertová 2015). Přenos může být způsoben i kontaktem jako je potřesení rukou nebo objetí a slinami sdílenými při pití nebo líbání. Přenos je možný i nepřímou cestou, ve vysušené formě a nízkých teplotách však vir zůstává dlouhé měsíce plně virulentní, což je nebezpečné při velkých mrazech bez sněhu (Kredba 1970). Většina lidí začne být infekční již den před prvními příznaky a až 5–7 dní po odeznění hlavních symptomů. Nejvíce nakažliví jsou lidé ve 3–4 dnu od začátku symptomů (CDC 2018). Příznaky začínají průměrně druhý den od nakažení nebo nemoc může proběhnout zcela bezpříznakově, a tím se může nakazit mnoho lidí, aniž bychom označili pacienta 0 (CDC 2018). Výraz „pacient 0“ byl poprvé použit v 80. letech 20. století ve Spojených státech amerických při hledání původního nositele nemoci AIDS. V dnešní době je tento termín používán k popisu prvního člověka infikovaného určitou chorobou (McKay 2017). Šíření viru chřipky celoročně sleduje

WHO společně s dalšími partnery pomocí WHO GISRS systému. Následně doporučuje sezónní složení vakcín proti chřipce, a to dvakrát ročně pro chřipková období na severní a jižní polokouli. Dále pak vede země v tropických a subtropických oblastech ke zvolení formulí vakcín, podporuje rozhodnutí o načasování očkovacích kampaní a podporuje členské státy při rozvoji strategií prevence a kontroly nemocí (WHO 2018).

Obrázek č. 5 znázorňuje procentuální zastoupení jednotlivých typů a subtypů chřipky u pozitivně testovaných jedinců v roce 2018. Z této mapy lze vidět, že největší zastoupení má chřipka typu A, společně s jejími subtypy. Z této mapy lze vyčíst postižení jednotlivých regionů chřipkou. Obecně můžeme říct, že je na tom nejhůře střední a jižní Afrika, tedy státy s progresivním typem populace a špatným nebo nedostupným zdravotnictvím. Dále lze z mapy vyčíst vyšší intenzitu onemocnění ve východní Evropě včetně Ruska, téměř v celé Jižní Americe a v jihovýchodní Asii. I zde opět platí, že se jedná o státy s vysokou hustotou osídlení či horší kvalitou zdravotnictví.

Obrázek 5: Procento pozitivně testovaných případů na chřipku v roce 2018 po celém světě



Zdroj: WHO (2018)

Každoročně s ochlazením a s příchodem dětí do škol přichází i sezóna chřipky, která se drží až do oteplení. S počasím nebo teplotou toto onemocnění ale přímo moc společného nemá. Teplotní vliv má takový účinek, že lidé tráví více času uvnitř budov, tím pádem i ve větším množství než v teplých měsících a vir tak má lepší šance pro své šíření (Davidson 2015). Výskyt chřipky má tedy sezónní charakter v mírných oblastech se značnými vrcholy v zimě (prosinec–duben na severní polokouli a červen–září na jižní polokouli). Tyto sezónní vrcholy přenosu chřipky jsou spojeny s vlhkostí vzduchu, která hraje

roli při přežívání a šíření viru (Onozuka 2008, Shaman 2010). Studie provedená v Japonsku během sedmiletého období 1992 až 1999 též potvrdila časovou pravidelnost tohoto šíření onemocnění. Roční chřipková sezóna začala mezi listopadem a prosincem, vrcholila mezi lednem a únorem a vrátila se na základní úroveň mezi dubnem a červnem v každém roce sledovaného období. Sezónní vrcholy aktivity chřipky a respiračních onemocnění se vyskytovaly každoročně ve všech prefekturách. Celostátní epidemie trvaly 3–4 měsíce, ale postupné nebo překrývající se vlny infekce chřipkou A a B vedly někdy k prodloužení délky sezóny, jako bylo vidět v letech 1996–1997 (Sakai a kol. 2004).

Výskyt chřipky je zároveň celosvětový, tudíž k přenosu dochází po celém světě a každoročně, a to zejména v chladných měsících. Klasická chřipková sezóna na severní polokouli obvykle trvá od podzimu do jara a každý rok způsobuje 3 až 5 milionů případů těžkých onemocnění a přibližně 290 000 až 650 000 úmrtí v této části světa (Onozuka 2008). V USA je běžně přijímaný a široce uváděný, v laickém i vědeckém tisku fakt, že ročně zemře na chřipku asi 36 000 Američanů (Doshi 2005).

Kvantifikace šíření infekčních nemocí na velké vzdálenosti je klíčovým problémem v jejich dynamice a kontrole. Řada studií zkoumala role lidské mobility, struktury populace a environmentálních faktorů při šíření sezónní chřipky v globálním a regionálním měřítku. Tyto studie (Daisuke 2008, Charu 2017) přišly s tímto závěrem – v globálním měřítku slouží síť celosvětové letecké dopravy jako hlavní kanál pro šíření pandemických a sezónních chřipkových virů, zejména kmenu A. Bonabeau a kol. (1998) modelovali šíření chřipky ve Francii (1988–1995) a zjistili, že se nemoc rychle šířila po celé zemi, nicméně docházelo k míchání s globálním virem ještě před vyvrcholením místních epidemií. Paget a kol. (2007) našli důkazy o rozšíření chřipky od západu na východ v evropských zemích, ve čtyřech z osmi sledovaných sezón (1999–2007). Zároveň výsledky této studie uvádějí, že ve třech sledovaných sezónách byl prokázán směr šíření chřipky od jihu na sever.

Další analýza se věnovala mezistátní progresi sezónní chřipky v USA v letech 1972–2002. Tato analýza poukázala na hierarchické šíření viru (od nejlidnatějších států po nejméně lidnaté), zároveň tato studie prokázala, že sezóny s vyšší intenzitou úmrtnosti na chřipku jsou spojeny s vyšším přenosem nemocí a rychlejším šířením než v mírných sezónách. Zároveň regionální šíření infekce korelovalo více s mírou pohybu lidí dojíždějících do práce a z ní (pracovní toky) než s geografickou vzdáleností (Viboud a kol. 2006). U nástupu chřipkové epidemie v USA, existuje tendence chřipkové sezóny začínat v Kalifornii častěji než v kterémkoli jiném státě (s průměrným nárůstem jednoho týdne pro Kalifornii). To je v souladu s tím, že Kalifornie je nejlidnatějším státem, nicméně další analýzy naznačují, že samotné populační faktory nemohou vysvětlit časný nástup epidemie

v Kalifornii (Viboud a kol. 2006). Další studie provedená v USA v letech 2002–2010 odhalila nebo potvrdila následující fakta:

- pracovní mobilita na krátké vzdálenosti je hlavní hnací silou šíření sezónních ohnisek,
- chřipka je charakterizována rychlým, hierarchickým šířením mezi zalidněnými centry, po kterém následuje šíření do méně obydlených oblastí,
- prostředí s nízkou vlhkostí upřednostňuje virovou stabilitu a tím přenos chřipky (Charu a kol. 2017).

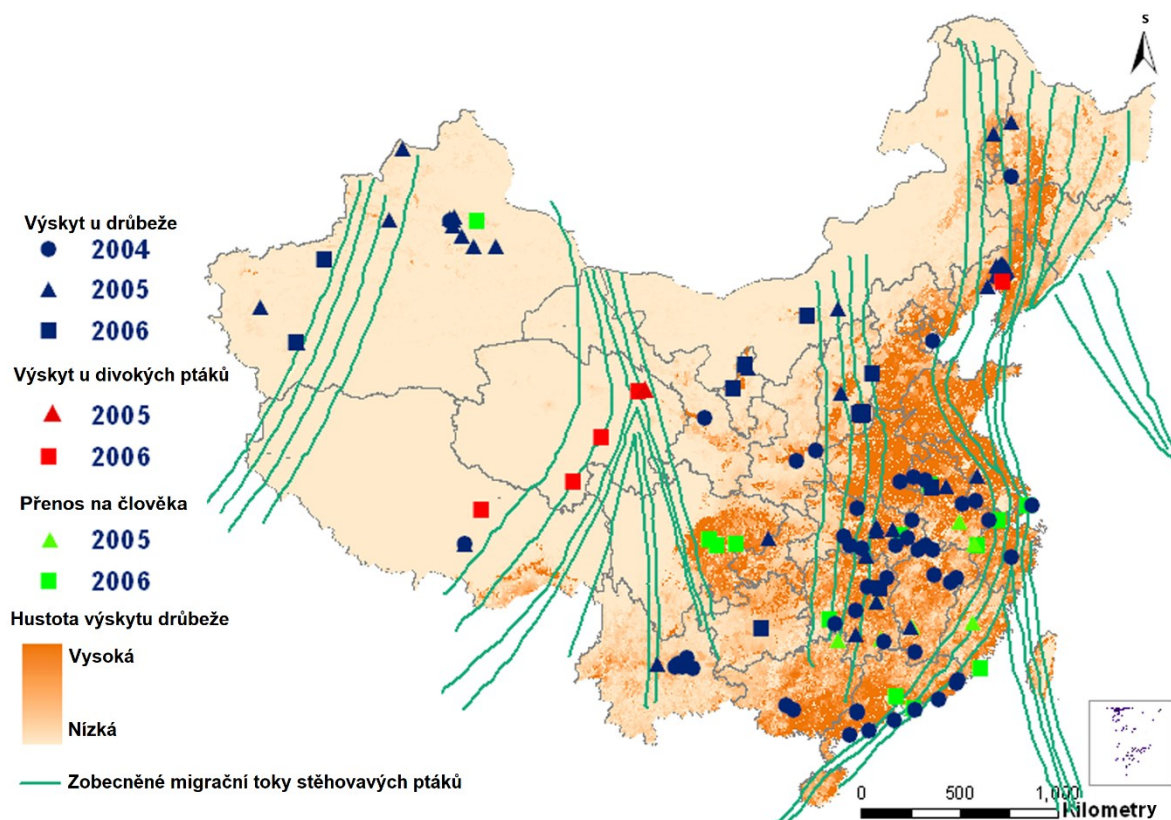
Tato studie také pozorovala rozdíl mezi šířením sezónního a pandemického chřipkového viru. Pozorovaná pandemická trajektorie probíhala v rozporu s predikcí rychlé hierarchické invaze mezi zalidněné a vzájemně propojené lokality následované pomalejším šířením v menších rozptýlených komunitách. Můžeme tedy obecně říct, že pandemický virus se šíří jinak než klasický sezónní virus, globální a regionální vzorce šíření chřipky se liší podle podtypu kolujícího viru (Charu a kol. 2017). I zde se ale potvrzuje, že se chřipka v USA šíří od jihu na sever, přičemž tato skutečnost byla objevena u sedmi z osmi sledovaných let.

Šíření chřipkového viru bylo zkoumáno i v Japonsku, kde se zjistilo, že počet pacientů s chřipkou A a B v sousedstvích, kde žily mladé páry s malými dětmi, byl během všech sledovaných let (2004–2008) přibližně o 10–40 % vyšší než očekávaný počet. Naopak počet pacientů ve stárnoucí populaci byl během všech sledovaných let o 20–50 % nižší než očekávaný počet. Tento trend byl konzistentní i po věkové standardizaci, kdy výsledky naznačovaly vysoký přenos chřipky v oblastech, kde žily mladé rodiny s dětmi. Děti v domácnostech hrály klíčovou roli při přenosu chřipky, rodiče ve 30. a 40. letech byli také relativně náchylní na chřipku, ve srovnání se staršími lidmi, kvůli větší šanci kontaktu s dětmi a menší šanci setkat se s virem v minulosti. I zde se objevoval vzorec šíření od západu na východ a od jihu na sever (Yoshinari 2001).

Při zkoumání šíření pandemického viru v roce 2009 H₁N₁ v Číně se opět potvrdil vysoký efekt cestování na šíření chřipky mezi jednotlivými provinciemi. Meziprovinční tok lidí přispěl k šíření viru mezi jednotlivými provinciemi. Zde bylo ohnisko nákazy v Pekingu a ve dvou jihovýchodních provinciích obsahující velká města (např. Hong Kong). V tomto případě měl virus tendenci šířit se od jihu na sever, ale na rozdíl od sezónního viru, se šířil od východu na západ (Yun a kol. 2010). Tento fakt pravděpodobně souvisí s jinými principy šíření pandemického viru, ale může být též způsoben pohybem drůbeže a migračním tokem volně žijících ptáků, jak naznačuje Fang a kol. (2008) při sledování šíření ptačího viru chřipky.

Obrázek č. 6 popisuje výskyt ptačí chřipky u drůbeže (označeno modrými symboly), u divokých ptáků (označeno červenými symboly), přenos ptačí chřipky na člověka (označeno zelenými symboly). Zároveň tato mapa obsahuje hlavní tažné směry stěhovavých ptáků (označeno zelenými čarami), hustota drůbeže je indikována barevným gradientem. Z této mapy je patrné, že v místech s vysokou hustotou drůbeže je i vyšší výskyt ptačí chřipky u drůbeže, ale je zde i vyšší přenos tohoto viru na člověka.

Obrázek 6: Šíření ptačí chřipky a migrace ptáků v Číně v letech 2004–2006

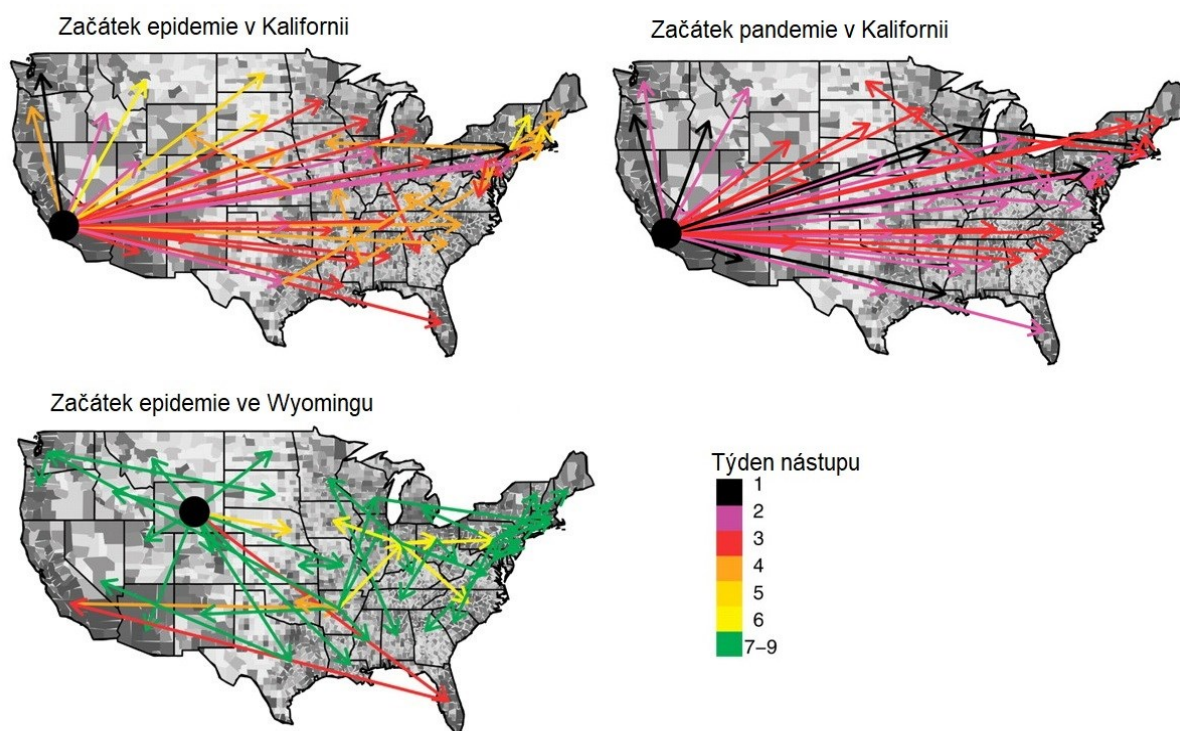


Zdroj: Fang a kol. (2008, str. 2)

Na obrázku č. 7 můžeme pozorovat mapy simulovaného šíření chřipky gravitačním modelem založeným na pracovních pohybech pro epidemie pocházející z Kalifornie nebo Wyomingu. Pozadí ve stupních šedi označuje velikosti populace krajů od světle šedé (méně než 1 000 obyvatel) po tmavě šedé (více než 400 000 obyvatel). Vyplněné černé kruhy představují umístění počátečních případů. Šipky označují zdroj infekce pro jednotlivé státy a pocházejí z centra populace státu. Šipky jsou barevně odlišeny na základě data nástupu epidemie v jednotlivých státech, od černé (časný nástup) po zelenou (pozdní nástup), viz legenda. Cílem těchto map bylo vyzkoumat předpokládané časoprostorové šíření typických epidemií začínajících v zalidněném, vysoce propojeném státě (Kalifornie) ve srovnání s menším a izolovanějším státem (Wyoming). Epidemie začínající v Kalifornii jsou prostorově synchronizovanější a rozšířenější, infekce se šíří prostřednictvím silného

spojení na velké vzdálenosti. Ještě rychlejší přenos je poté vidět, pokud by v Kalifornii začínalo pandemické šíření onemocnění. Z tohoto obrázku tedy lze vidět, že hustota osídlení a infrastruktura státu hraje při šíření chřipky svou roli. Zároveň tyto mapy potvrzují studii Pageta a kol. (2007), když dokazují šíření viru od západu na východ, zejména poté mapa s počátkem šíření viru v Kalifornii.

Obrázek 7: Simulace šíření chřipkového viru v USA s počátkem v Kalifornii či Wyomingu



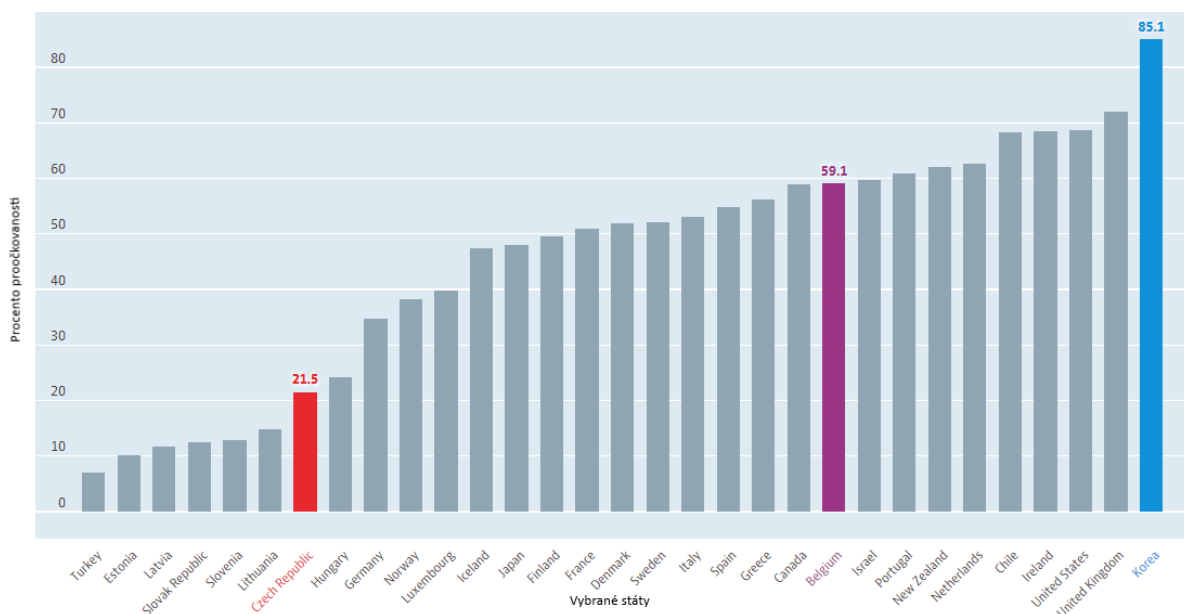
Zdroj: Viboud a kol. (2006, str. 450)

Šíření chřipky a tlumení ohnisek nákazy je kromě nefarmaceutického opatření (omezení veřejných aktivit) ovlivněno i proočkovaností obyvatelstva. Dle WHO by se mělo nechat očkovat 30 % obyvatelstva a až 75 % osob z rizikových skupin. Proočkovanost přitom nemůže být nikdy 100%, jelikož někteří lidé mohou být alergičtí na vakcínu. Zde se poté uplatňuje kolektivní imunita. Tímto pojmem označujeme stav aktivně získané imunity, kdy je proočkována většina jedinců v populaci, agens se nemůže šířit a vzniká tak nepřímá ochrana jedinců, kteří nemohou být z různých důvodů očkováni (Špačková 2018).

Na grafu č. 2 je znázorněno procento populace ve věku 65 let a starší, která pravidelně dostává vakcínu proti chřipce ve vybraných státech světa. Pro názornost je barevně vyznačené Česko (s 21,5% proočkovaností), Belgie (s 59,1% proočkovaností) z důvodu velmi podobného počtu obyvatel a životních podmínek a Jižní Korea (s 85,1% proočkovaností) jako stát s nejvyšším procentem proočkovanosti. Údaje pocházejí

z administrativních zdrojů či průzkumů v daných zemích. Hodnoty jsou vždy brány za celý rok a je uvedena nejaktuálnější dostupná hodnota.

Graf 2: Procento proočkovanosti v populaci 65 a více let ve vybraných státech světa



Zdroj: OECD (2019)

Až do nedávna WHO odhadovala roční nadúmrtnost na chřipku na 250 000 až 500 000 případů celosvětově. Nicméně v roce 2017, po vyhodnocení nových studií a tří různých metod dospěla k závěru, že ročně umírá 290 000 až 650 000 lidí na nemoc spojenou s chřipkou. První metoda byla zveřejněna Centrem pro kontrolu a prevenci nemocí (CDC) a dospěla k výše uvedenému závěru. V roce 2019 studie Global Burden of Disease Study (GBD) vypočítala 99 000 až 200 000 úmrtí na infekce dolních cest dýchacích přímo spojených s chřipkou. Třetí studie byla provedena v rámci projektu Global Influenza Mortality (GLaMOR), kde se došlo k závěru, že ročně umírá na chřipku 294 000 až 518 000 lidí (Paget a kol. 2019).

Vir chřipky provází lidstvo v pravidelných vlnách již dlouhá staletí. První zmínky o této nákaze pocházejí již z roku 412 před naším letopočtem od Hippokrata, který popisoval údajnou epidemii chřipky v Malé Asii (Barberis 2016). První věrohodné zprávy o chřipce pocházejí z 16. století. Z této doby je popsána epidemie chřipky v Anglii v roce 1563 v podobě dopisu o nové nemoci, která sužuje královnu Mary (Houdret 1994). První podrobně popsána a obecně uznávaná pandemie pochází z roku 1580, kdy bylo zasaženo několik kontinentů. Onemocnění se nejprve objevilo v severní Africe, odkud se dostalo do Itálie a celé Evropy, a postupně bylo zavlečeno až do Severní Ameriky (Šebek 2006).

První pandemií, kde máme již odhad o zemřelých, je pandemie z roku 1889–1890. Tato pandemie začala ve střední Asii a do Evropy se dostala přes Rusko. Celkem proběhla ve čtyřech vlnách a podle dobových zdrojů byla v určitých zemích infikována až polovina obyvatel. Vysoká úmrtnost postihla zejména dětskou populaci a odhaduje se, že zemřelo celkem okolo jednoho milionu lidí (Šebek 2006). Zároveň se jedná o jednu z prvních pandemií, kde byl určen typ viru. Jednalo se o vir H_2N_2 , který se poté objevil znovu pod názvem Asijská chřipka v letech 1957–1958 (Šebek 2006).

3.2.1. Španělská chřipka

Nejznámější a zároveň nejhorší pandemií v dějinách lidstva je tzv. Španělská chřipka, která byla způsobena chřipkovým virem typu A kmene H_1N_1 . Do dnešní doby se neví, kdy přesně začala, ale již od roku 1914 byly pozorovány ve zvýšené míře těžké případy chřipky, a to postupně po celé Evropě. Od prosince roku 1915 postupně stoupal počet zemřelých na chřipku a pneumonii. V roce 1917 se také zvyšuje míra incidence a míra úmrtnosti ve Francii, USA, ale i v Argentině (Salfellner 2018).

Tak jako se přesně neví začátek pandemie časově, tak se přesně neví ani místo původu onemocnění. Podle některých zdrojů přišlo onemocnění z Asie, kde již koncem roku 1917 Čína zaznamenávala erupce silně nakažlivého a rychle se šířícího onemocnění dýchacích cest (Salfellner 2018). Jiné zdroje uvádí Francii nebo Ameriku jako ohnisko nákazy. První zprávy z Ameriky o objevení této pandemické chřipky byly již v dubnu roku 1918 v Kansasu (CDC 2018).

Neobvyklým jevem pandemie byla skupina lidí, u které byla zjištěna nejvyšší úmrtnost. Kromě tradičně vysoké míry fatality u velmi malých dětí, a naopak velmi starých lidí, postihovala tato pandemie nejvíce lidi ve věku 15–45 let. Neobvyklá byla i úmrtnost u těhotných žen, která se uvádí mezi 23 % a 71 % (Šebek 2006).

Celkově španělská chřipka celosvětově nakazila přes 200 milionů lidí a vyžádala si přibližně 50 až 100 milionů životů. Dřívější odhady popisovaly 20 až 40 milionů obětí, to se však změnilo v důsledku nových šetření a statistických metod (Salfellner 2018).

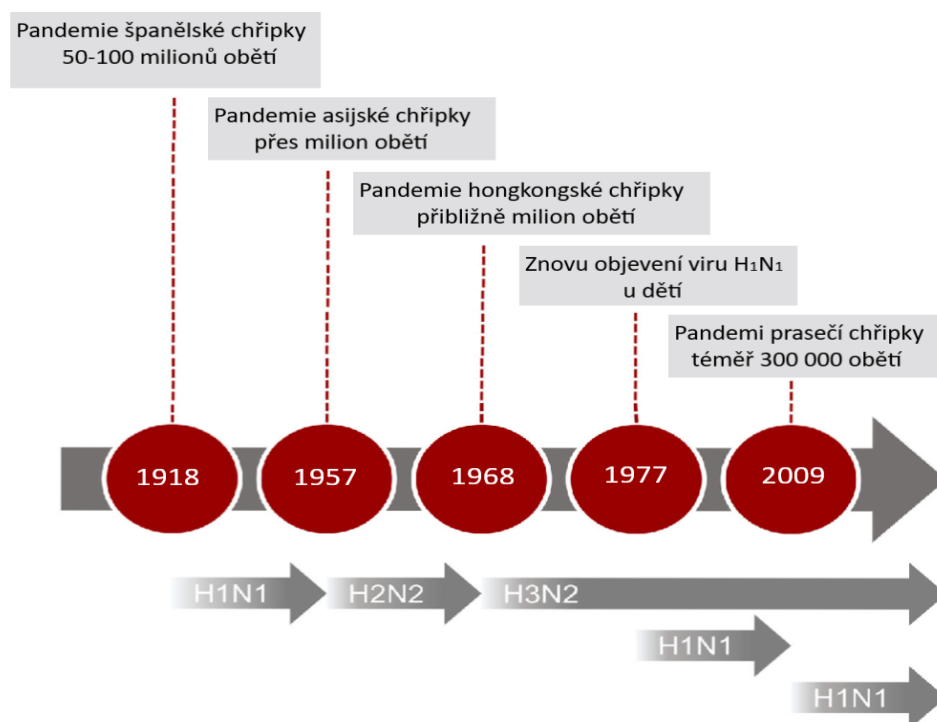
Pokud bychom se zaměřili skutečně jen na Česko, velkým rizikem byli vojáci přicházející po konci války zpět do svých domovů. Mnoho nemocnic bylo plných právě těchto vojáků, kteří byli nakaženi úplavicí či jinou exotickou nemocí. Jen přes léto roku 1918 bylo v Česku hlášeno 1671 nemocných osob, kdy 246 osob zemřelo primárně na úplavici, ale komplikací byla právě pandemie chřipky (Salfellner 2018). Dle různých metodik a podkladů z dobových statistických a demografických pramenů se počet obětí v Česku vyčísluje na 46–77 tisíc osob (Salfellner 2017).

3.2.2. Další významné pandemie

Tato kapitola se věnuje dalším významným pandemiím v historii, zejména ptačí a asijské chřipce. Dále se práce zabývá prasečí chřipkou, protože se jedná o nejmladší pandemii chřipkového onemocnění.

Obrázek č. 8 popisuje nejvýznamnější milníky pandemií chřipkového viru od roku 1918. Dále obsahuje informace o typu virových kmenů u viru A, ale také přibližný počet zemřelých. Jednotlivé pandemie jsou poté více rozepsány pod obrázkem.

Obrázek 8: Přehled významných pandemií chřipky

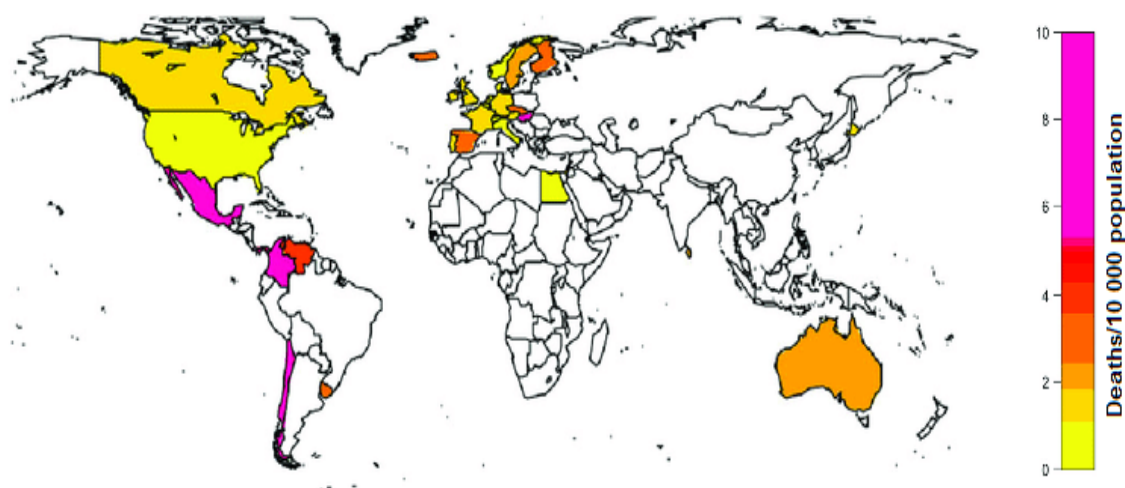


Zdroj: Francis a kol. (2019, str. 8), vlastní tvorba

Název ptačí chřipka pochází z označení pro syndrom, který postihuje velkou řadu ptačích druhů, zejména vodní ptáky. Jedná se o velmi početnou skupinu chřipkových virů, kde se kmeny liší svou patogenitou i virulencí, proto ptačí chřipka představuje neustálou hrozbu pandemie. Na rozdíl od ostatních chřipkových virů a kmenů, kde je typická kapénková infekce, je ptačí chřipka výjimečná svou schopností přenášet se i alimentární nákazou. (Smetana 2018, Sedlák 2006). Úplně poprvé byl kmen ptačí chřipky (H₇N₇) izolován již v roce 1902, nejhorším kmenem je ale kmen H₅N₁. Tento kmen se objevil poprvé v roce 1997 v Hongkongu. Následně se vir objevil v jihovýchodní Asii v roce 2003, v roce 2005 se poté rozšířil do Kazachstánu, Číny, Mongolska, Ruska až do Evropy. Po nakažení celé Evropy se vir v roce 2006 přesouvá do Afriky (Sedlák 2006).

Další z významných pandemií byla Asijská chřipka, která se objevila v letech 1957–1958. Tato pandemie vznikla v Číně a její původce byl virus chřipky z kmene H₂N₂. Tento virus nahradil dřívější pandemický vir H₁N₁ (CDC 2018). Virus byl nejdříve podchycen laboratoři v Singapuru a následně o dva měsíce později v Hongkongu. V létě se poté rozšířila do Evropy a odtud dále do Severní Ameriky. Postižené státy zobrazuje obrázek č. 9. Virus byl namíchán ze tří genů ptačí chřipky, vyskytujících se u divokých kachen a dalších pěti běžně se vyskytujících lidských genů. Přesto, že je normálně tento lidský gen viru běžný a není nebezpečný, v kombinaci s ptačími geny se projevil jako velmi nebezpečný (Šebek 2006). Nejvíce obětí bylo tradičně mezi starými lidmi, nicméně v průběhu první vlny 40 % zemřelých bylo mladších 65 let. Celkově tato pandemie zabila přibližně 1–1,5 milionu obětí.

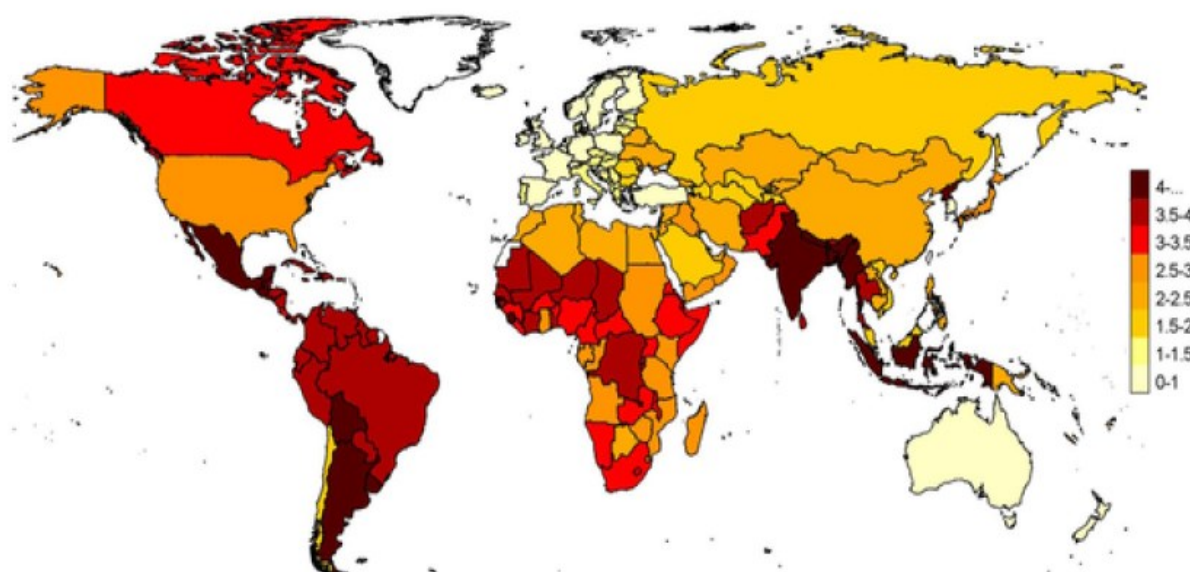
Obrázek 9: Úmrtí na Asijskou chřipku 1957–1958 (pouze státy s dostupnými daty)



Zdroj: Viboud a kol. (2016, str. 742)

Poslední pandemickou chřipkou, která proběhla v relativně nedávné době, je mexická chřipka, též známá jako prasečí chřipka. Průběh této pandemie se dá označit jako globální pandemie a zároveň to byla první globální pandemie za 40 let (CDC 2019), jak dokazuje i obrázek č. 10. Tato pandemie proběhla v letech 2009–2010 a celkem na ni zemřelo 151 až 575 tisíc lidí (CDC 2019). Jedná se o vir kmene H₁N₁, který obsahoval geny lidské, prasečí, ale i ptačí (Smetana 2018). Přesto, že má stejné označení jako španělská chřipka (H₁N₁), jsou zde zejména geny prasečí, nikoliv pouze lidské a ptačí, jak tomu bylo právě u této obrovské pandemie. Mnoho lidí starších 60 let (uvádí se až jedna třetina lidí) mělo v těle vytvořené protilátky proti tomuto kmeni viru, zřejmě po expozici viru H₁N₁ z dřívějších let svého života (CDC 2019). Lepší dopad této pandemie dokazují i data převzatá z WHO kde se uvádí, že počet zemřelých od dubna do července roku 2009 byl v mnoha zemích nulový (CEIC 2020).

Obrázek 10: Postižení jednotlivých států pandemií prasečí chřipky v letech 2009–2010



Zdroj: Morin (2013)

3.3. Chřipka v Evropě

Chřipka existuje na celém světě, včetně Evropy a Česka. Dle Havlíčkové (2019) nelze přesně stanovit, jak se virus v Česku geograficky šíří. Někdy se virus šíří postupně napříč celou republikou, jindy vypukne epidemie v několika krajích najednou a virus je neustále přítomen v populaci. Hlavní město Praha není navzdory velké hustotě osídlení postižené jako jiné kraje, což může být ovlivněno skutečností, že mnoho lidí dojíždí do Prahy za prací nebo naopak, že mnoho lidí na prázdniny z Prahy odjíždí (Havlíčková 2019). Zároveň, jak uvádí Bonabeau a kol. (1998), lokální virus se může mísit s globálním virem ještě před dosáhnutím vrcholu epidemie a tím se může úplně změnit charakter šíření viru.

Jak již bylo zmíněno výše, v mírném podnebném pásu se chřipka vyskytuje v zimních měsících. Zároveň v Evropě platí stejná pravidla pro šíření viru jako ve světě. Paget a kol. (2007) při několikaletém zkoumání šíření chřipky v Evropě našli přesvědčivé důkazy o šíření chřipky ze západu na východ a z jihu na sever.

Příkladem může být výskyt chřipky v roce 1950. Koncem října se zvýšila incidence chřipky na ostrovech Lolland a Falster na jihu Dánska a během následujících dní byla v mnoha školách a továrnách hlášena kumulativní incidence 75 %. Již 6. listopadu byl stejně vysoký výskyt onemocnění hlášen v severním Jutsku a na ostrově Fyen, přičemž obě místa leží daleko na severu od původního místa výskytu nákazy. Epidemie tedy zjevně vznikla ve více místech najednou, dosáhla vrcholu koncem listopadu a do konce roku výrazně poklesla (Isaacs 1951). Ve Švédsku byla epidemie chřipky poprvé hlášena koncem listopadu

jako lokální ohnisko extrémně na severu země. Od začátku prosince řada lékařů hlásila výskyt chřipky na východě, západě i jihu Švédska. Epidemie dosáhla svého vrcholu koncem prosince a začátkem ledna. Celkově epidemie chřipky ve Skandinávii měla vysokou incidenci, ale byla mírná s nízkou úmrtností. Na východ Islandu byla chřipka zavlečena v lednu pravděpodobně britským rybářem (Isaacs 1951). Přesto, že zde nemůžeme přesně určit prostorové šíření chřipky, můžeme zde dle datumů hlášení pozorovat šíření od jihu na sever.

Okolo Vánoc v roce 1950 hlásilo nové případy chřipky Nizozemsko. Nejprve se nemoc objevila na ostrově Walcheren, následně se chřipka objevuje v Rotterdamu a pak v Haagu. V průběhu ledna bylo zaznamenáno šíření viru směrem na východ a na sever (Isaacs 1951). Toto šíření v Nizozemsku opět dokazuje, že se sezónní chřipka nejčastěji šíří od západu na východ a od jihu na sever.

3.4. Výzkumné hypotézy

Cílem diplomové práce je odhalit dlouhodobé pravidelnosti v incidenci chřipky v Česku jak z pohledu časového, tak regionálního. Zhodnotit regionální diferenciaci, odhalit pravidelnosti a časoprostorové vzorce v šíření chřipkového viru v Česku, které jsou velmi důležité pro znalost vývoje, přenosu, šíření a dynamiky onemocnění. Získané výsledky poslouží k ověření platnosti všeobecně přijímaných teorií o šíření chřipky.

Prvním dílčím cílem je zhodnotit časové pravidelnosti nástupu chřipkové epidemie v jednotlivých krajích Česka a dlouhodobý vývoj incidence chřipky. Výzkumné otázky, na které jsou v práci hledány odpovědi, se týkají pravidelností v nástupu chřipkové epidemie v Česku a sezónnosti chřipkového viru.

Hypotéza 1: Chřipková sezóna v Česku se vyskytuje s časovou pravidelností.

Chřipka je jedním z neznámějších a nejrozšířenějších virů na světě a k jejímu přenosu dochází zejména v chladných měsících (Shaman 2010). Incidence toto jasně dokazuje, když se každoročně nakazí jen v USA 25–50 milionů lidí, a v Česku kvůli respiračnímu onemocnění ročně vyhledá lékaře téměř milion obyvatel. Do Česka se chřipka pravidelně vrací každý rok s nástupem studených měsíců, ale zároveň s tím, jak se lidé více pohybují v uzavřených prostorách. Dle Davidsona (2015) obecně můžeme říct, že na severní polokouli se incidence chřipky zvyšuje od září do konce roku, v průběhu zimních prázdnin se incidence nakažených opět snižuje a po návratu dětí do škol incidence opět prudce roste až do oteplení. Pravidelnost v nástupu a trvání chřipkové sezóny lze proto očekávat i v Česku a v jednotlivých krajích.

Další výzkumná otázka se týká dlouhodobého vývoje incidence chřipky v Česku.

Hypotéza 2: V Česku i v jednotlivých krajích lze pozorovat za posledních 10 let růst incidence chřipky.

Každoročně chřipka nakazí přibližně 20 % světové populace v závislosti na aktuálně cirkulujícím viru. Dle Rozsypala (2018) můžeme v Česku od roku 2017 pozorovat rostoucí trend v šíření chřipkového viru. Tento narůstající trend můžeme pozorovat ve všech věkových kategoriích, ale i ve všech krajích Česka. Každoročně umírá v souvislosti na chřipku přibližně 1500–2500 lidí, samozřejmě s velkými odchylkami dle síly aktuálně cirkulujícího chřipkového viru. S rostoucím počtem nakažených můžeme zároveň pozorovat i zvýšený počet zemřelých. Dle zvyšujícího se počtu zemřelých můžeme předpokládat, že narůstající trend šíření chřipky začal mnohem dříve.

Druhým dílčím cílem je zhodnotit regionální diferenciaci v incidenci a časovém průběhu chřipkové epidemie na úrovni krajů v Česku. Jednou z výzkumných otázek je, zda se vyskytuje vyšší incidence chřipky v populačně hustě zalidněných oblastech.

Hypotéza 3: V krajích s populačně velkými městy (hlavní město Praha, Středočeský, Jihomoravský, Moravskoslezský a Plzeňský) je vyšší incidence chřipky oproti ostatním krajům.

V USA se v letech 1972–2002 prokázalo hierarchické šíření viru mezi nejlidnatějšími státy. Zároveň regionální šíření infekce korelovalo více s mírou pohybu lidí na pracoviště a z nich (pracovní toky) než s geografickou vzdáleností (Viboud a kol. 2006). U nástupu chřipkové epidemie v USA existuje tendence chřipkové sezóny začínat v Kalifornii častěji než v kterémkoli jiném státě (s průměrným náskokem jednoho týdne pro Kalifornii), což je v souladu s tím, že Kalifornie je nejlidnatějším státem USA (Viboud a kol. 2006). Další studie provedená v USA v letech 2002–2010 potvrdila, že práce na krátké vzdálenosti je hlavní hnací silou šíření sezónních ohnisek, a že chřipka je charakterizována rychlým, hierarchickým šířením mezi zalidněnými centry, po kterém následuje šíření do méně obydlených oblastí (Charu a kol. 2017).

Další výzkumná otázka se zaměřuje na směr šíření chřipky v závislosti na incidenci v jednotlivých krajích.

Hypotéza 4: Při šíření nákazy chřipky v Česku lze na úrovni krajů pozorovat šíření od západu na východ a od jihu na sever.

Při šíření chřipkového viru předpokládáme velký vliv lidského faktoru tak, jak bylo dokázáno i v jiných státech. Při šíření sezónního chřipkového viru se uplatňuje vzorec šíření,

a to nejčastěji ze západu na východ a z jihu na sever (Paget a kol. 2007). Jak uvádí Isaacs (1951), chřipka se ve Skandinávii i v Nizozemsku šířila od jihu na sever v obou oblastech a v Nizozemsku se potvrdilo i šíření od západu na východ. Paget a kol. (2007) zkoumal šíření chřipkového viru v Evropských zemích v průběhu osmi let, a i zde se ve většině sledovaných sezón potvrdilo šíření od západu na východ. Yoshinari (2001) při sledování šíření viru v různých sousedstvích v Japonsku opět potvrdil šíření viru od západu na východ a od jihu na sever.

4. Metodika a data

V Česku podléhá chřipka povinnému hlášení praktických lékařů Státnímu zdravotnímu ústavu (SZÚ), který z nich zpracovává souhrnné statistiky. Tyto údaje jsou následně shromažďovány, interpretovány pro Česko a zároveň jsou zasílány WHO.

V následující kapitole budou představeny hlavní datové zdroje, se kterými se v diplomové práci pracuje. Další kapitola bude věnována podrobněji metodám, které jsou k analýze časoprostorového šíření využity.

4.1. Zdroje dat

Veškerá sekundární data pro analýzu jsou kvantitativní a použitou územní jednotkou jsou kraje Česka od roku 2007 do roku 2019.

Data o nemocnosti na chřipku za jednotlivé kraje relativizovaná na 100 tisíc obyvatel za roky 2007–2019 (od sezóny 2007–2008 do sezóny 2017–2018) byla získaná ze SZÚ. Výhodou těchto dat je jejich podrobnost v časových úsecích, jelikož jsou dostupná po jednotlivých týdnech. Nedostatkem těchto dat je, že územní jednotkou jsou jednotlivé kraje, nikoliv menší územní jednotky jako jsou okresy či dokonce města. Dalším nedostatkem je, že nebyly ani po opakovaných žádostech a konzultacích dodány poskytovatelem dat informace o relativizaci dat. Tato skutečnost znemožnila další agregaci dat, tedy souhrnné výpočty za celé Česko a za celé sledované období. Dalším nedostatkem je neúplnost dat za sezónu 2018–2019. Data byla získaná pouze do 13. kalendářního týdne v roce 2019, nikoliv za celou sezónu, to znamená do 20. kalendářního týdne.

Data o zemřelých, tedy počet zemřelých na diagnózu chřipka od roku 1995 do roku 2018, jsou individuální, anonymizovaná a pocházejí z Českého statistického úřadu (ČSÚ). Tato data obsahují úmrtí na diagnózu J09–J11 (chřipka) jako na primární příčinu úmrtí. Navíc data obsahují datum úmrtí, pohlaví, kód okresu a věk zemřelého. Výhodou těchto dat je jejich podrobnost, která umožnila dobré navazující zpracování dat.

Proto, abychom byli schopni dále zpracovat získaná data a zodpovědět na stanovené výzkumné otázky, byla použita statistická metoda analýzy časových řad a následně práce v softwaru GIS.

4.2. Analýza časových řad

Analýza časových řad je specifický soubor metod sloužících k popisu časových řad, což jsou časově uspořádaná, věcně a prostorově srovnatelná pozorování. Časová pozorování jsou záznamy určité hodnoty v nějakém časovém intervalu a jejich analýza slouží k popisu

průběhu trendu, který je jednoznačně uspořádan od minulosti po současnost. Pomocí této metody můžeme předpovídat budoucí vývoje hodnot, identifikovat náhlé a výrazné změny v chování časové řady, analyzovat příčiny chování časové řady, popisovat průběh a charakter trendové, cyklické a sezónní složky pomocí dekompozice řady. Analýza časových řad je v diplomové práci využita pro odhalení současného trendu a zjištění sezónnosti pomocí dekompozice časové řady. Pro tuto statistickou analýzu byla použita data ze SZÚ ohledně počtu nemocných chřipkou v letech 2007–2019. Jednotlivé roky jsou podrobně rozepsány po jednotlivých kalendářních týdnech, data jsou relativizována na 100 000 obyvatel a územní jednotkou jsou kraje.

Časové řady lze rozdělit dle časového hlediska na intervalové (počet narozených za ...) a okamžikové (počet obyvatel k ...), dle periodicity na roční (rok a více) a krátkodobé (týden, měsíc) nebo dle druhu sledovaných ukazatelů na absolutní (počet vyrobených aut v měsíci) a odvozené (aktuální počet aut) (Litschmannová 2010). Vzhledem k získaným datům byla analyzována časová řada intervalová, roční a absolutní.

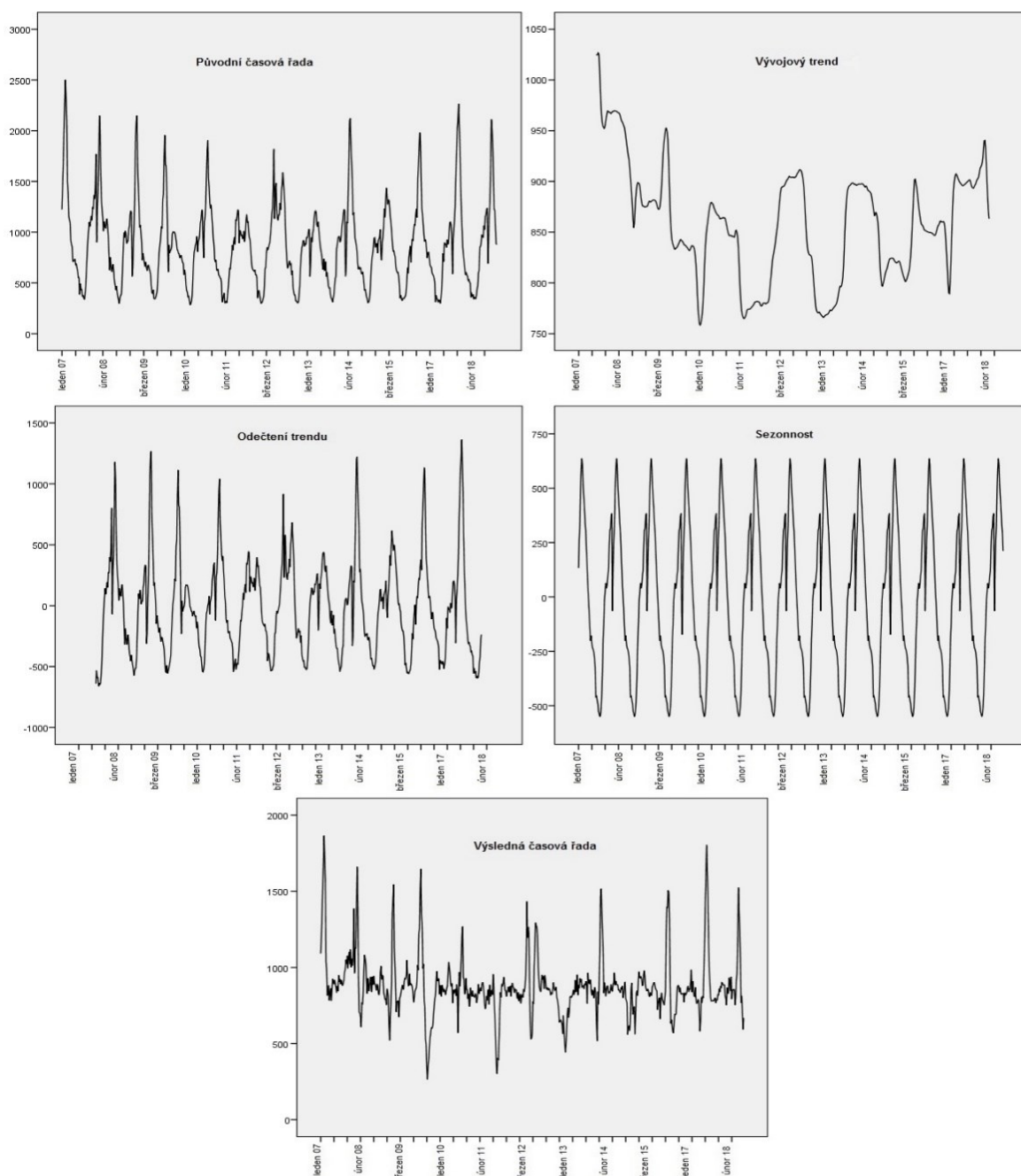
Při analýze časových řad předpokládáme, že je složena z několika podsložek, které mají jednodušší průběh než celá řada. Tyto složky se obvykle modelují zvlášť a následně se z nich zpětně složí model celé řady, která je již zároveň i očištěna od náhodné (reziduální) složky. Podsložky řady, které pomocí různých kroků sledujeme, jsou trend a sezónnost, případně můžeme porovnávat změnu mezi původní a očištěnou časovou řadou. Trend znamená pohyb střední hodnoty osy neboli dlouhodobou tendenci ve vývoji hodnot časové řady. Sezónnost, také sezónní složka, znamená pravidelné opakování hodnot časové řady bez nahodilých odchylek. Též můžeme říct, že se jedná o pravidelně se opakující odchylky od trendu (Arlt 2007).

Chřipková sezóna se nekryje s kalendářním rokem, probíhá od podzimních měsíců (cca 40. kalendářního týdne) jednoho roku do jarních měsíců následujícího roku (cca 20. kalendářního týdne) (CDC 2021). Diplomová práce se věnuje jednotlivým sezónám incidence chřipky od roku 2007 do roku 2018. Rok 2007 tedy označuje sezónu začínající v roce 2007 a končící v roce 2008, a tak postupně dále až do roku 2018 označující sezónu začínající v roce 2018 a končící v roce 2019. Vzhledem k neúplnosti dat za kalendářní rok 2019 práce sleduje vývoj onemocnění pouze do roku 2018, to znamená sezónu začínající v roce 2017 a končící v roce 2018.

Analýza časových řad v této práci pracuje s grafy vytvořenými pomocí programu SPSS v rámci postupu dekompozice časové řady. Těchto pět dílčích grafů souhrnně zobrazených na grafu č. 3 odráží předchozí přesný postup a práci s daty. Na prvním grafu je časová řada v podobě, jak data vstupují do analýzy bez předchozí úpravy. Následně jako

první byly použity klouzavé průměry za celý rok po jednotlivých týdnech, aby se odhalila trendová složka časové řady. Výsledek tohoto postupu lze vidět na druhém grafu. Na třetím grafu lze vidět fluktuaci hodnot okolo nuly. Tato fluktuace se vytvořila odečtením trendové složky od původní časové řady. Na tomto grafu tedy lze vidět, jak se časová řada proměňuje bez dlouhodobého trendu. Čtvrtý graf obsahuje sezónní složku časové řady, která byla vypočtena jako průměrná hodnota incidence pro každý týden v roce. Poslední, pátý graf znázorňuje náhodné fluktuace, jedná se tedy o časovou řadu bez trendové a sezónní složky.

Graf 3: Postup analýzy časových řad



Zdroj: SZÚ (2019), vlastní tvorba

4.3. Standardizace úmrtnosti

Ke srovnání intenzity úmrtnosti u dvou populací můžeme použít hrubou míru úmrtnosti. Jedná se o nejjednodušší ukazatel vyjadřující úroveň úmrtnosti. Tento ukazatel úmrtnosti není vhodný pro porovnání intenzity úmrtnosti u dvou populací s rozdílnou věkovou strukturou, jelikož je velmi ovlivněn věkovou strukturou populace. To znamená, že stárnoucí populace může mít vysoké hodnoty hrubé míry úmrtnosti přesto, že ve skutečnosti celková míra úmrtnosti klesá. Naopak velmi mladé populace, typické pro rozvojové země, mohou mít hodnoty hrubé míry úmrtnosti nízké, i když je jejich celkový zdravotní stav špatný. Pokud tedy srovnáváme dvě populace mající rozdílnou věkovou strukturu pomocí hrubé míry úmrtnosti, dochází ke zkreslení. Pro vyhnutí se tomuto zkreslení se používá metoda přímé standardizace (Naing 2000).

Standardizovaná míra úmrtnosti slouží k nezkreslenému porovnání dvou populací, které se mezi sebou liší v různých strukturách. Tyto struktury mohou být dle pohlaví, ale nejčastěji se jedná o věk. Společně s rostoucím věkem se zvyšuje i intenzita úmrtnosti a ukazatel specifické úmrtnosti je velmi závislý právě na věku (Kalibová 2001). Standardizace tedy umožňuje odstranit vliv této zkreslující struktury. Existují dva typy výpočtu standardizace, které označujeme jako přímá a nepřímá standardizace. V této práci byla použita přímá standardizace.

Přímá standardizace aplikuje věkově specifické intenzity úmrtnosti reálné populace na tzv. standardní populaci. Za referenční (standardní) populaci se může uvažovat jednotka vyššího řádu, to znamená populace celého Česka, pokud srovnáváme kraje. Obecně se ale využívá "Světový" či "Evropský standard", což je modelová populace vytvořená WHO (Kalibová 2001). Po přepočtu dle příslušného vzorce získáme hodnotu intenzity úmrtnosti, která se vyskytuje v reálné populaci, za předpokladu, že její věková struktura odpovídá věkové struktuře modelové populace (Kalibová 2001). Výstupem je tedy standardizovaná míra úmrtnosti, která se vyjadřuje v promile, počítá se tedy na 1 000 obyvatel. U příčin smrti se tento výsledek přepočítává na 100 000 obyvatel (Naing 2000, Kalibová 2001). Pro provedení přímé standardizace v této práci byla zvolena jako modelová populace European standard population (Eurostat) z roku 2013.

5. Vývoj úmrtnosti na chřipku v Česku

Statistika příčin úmrtí je založená na analýze prvotní příčiny smrti, která je vybírána z diagnóz uvedených na Listě o prohlídce zemřelého. Statistika úmrtnosti má velmi rozsáhlé možnosti využití, zejména lze pomocí zkoumání vývoje intenzity úmrtnosti hodnotit nebo předvídat další vývoj nemocnosti či úmrtnosti. Díky tomu je možné cíleně podporovat rozvoj určitých léčebných metod, hledat nové způsoby diagnostiky a etiologii onemocnění nebo podmínky, které onemocnění či úmrtí ovlivňují (ÚZIS 2006). Analýzu příčin úmrtí využívají nejen lékaři a další odborníci pro své zkoumání, ale slouží také politikům jako základ pro jejich rozhodování a řízení zdravotnického systému. Zároveň představuje základ epidemiologických studií zaměřených na příčiny úmrtí, které mohou být vztažené k věku, pohlaví či dalším demografickým charakteristikám. Výhodou je také fakt, že tyto statistiky jsou mezinárodně srovnatelné, což opět umožňuje jejich další využití (ÚZIS 2006).

Když bychom chtěli odpovědět na otázku, kolik ročně umírá v Česku lidí na chřipku, nebude vůbec lehké odpovědět. Přesto, že na chřipku jako na primární příčinu úmrtí ročně umírá dle oficiálních statistik jen několik desítek až stovek lidí, je zřejmé, že toto číslo není úplné. Někteří lidé nedorazí za lékařem, který by chřipku identifikoval, někteří zemřou na jinou primární příčinu, například selhání srdce a chřipka bývá často jen „spouštěčem“. To znamená, že na úmrtním listu je uvedena jako sekundární příčina nebo není zaznamenána vůbec (Kynčl 2020).

Dalším problémem spojeným se statistikou příčin úmrtí je zpoždění podrobných dat, která jsou vždy dostupná až v létě nadcházejícího roku. Přesto se však počet zemřelých uvádí, a to za pomoci matematického modelování. Výsledky tohoto modelu ukazují, že ročně v Česku zemře na chřipku průměrně 1500–2500 lidí, samozřejmě s výraznými odchylkami dle stupně závažnosti jednotlivé chřipkové sezony (Maďar 2015). Tento model i odhad 1500 zemřelých za rok odpovídají i kalkulacím, které provádějí naši zahraniční sousedé (Kynčl 2020). Lze tedy tvrdit, že situace je velmi podobná i v ostatních vyspělých zemích. Tuto kalkulaci lze porovnat i s daty z WHO z roku 2018, kdy bylo celkem v Česku nahlášeno 3571 úmrtí na zápal plic a chřipku. Po rozdělení tohoto čísla dojdeme k číslu, které odpovídá i kalkulačním modelům (Worldlifeexpectancy 2018).

V různých pramenech lze vidět rozdíly ve vyšší úmrtnosti v závislosti na síle chřipkové sezony. Dle Kynčla (2005) existují statisticky významné rozdíly v intenzitě úmrtnosti v letech 1982 až 2000.

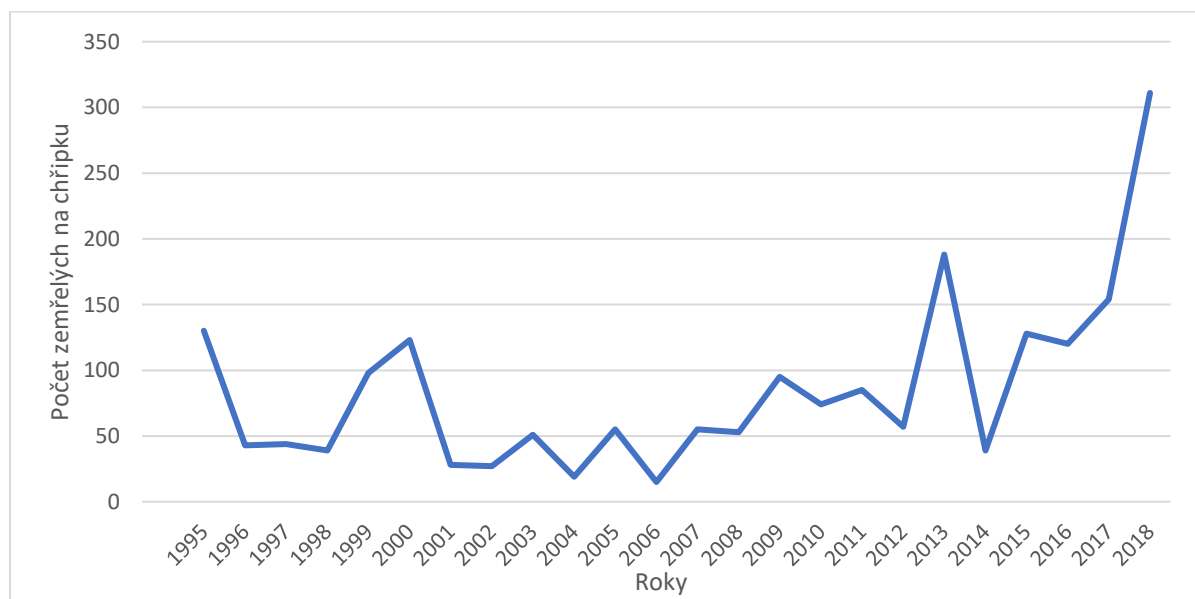
Kynčl (2005) odhaduje, že 2,17 % všech úmrtí a 2,57 % úmrtí na nemoci oběhového systému po celé sledované období lze dát za vinu právě chřipce. Tím se výpočty dostávají

k ročnímu průměru mezi 1752 až 2661 úmrtí. Nejvyšší počet úmrtí byl přitom zaznamenán v letech, kdy byla v oběhu chřipka typu A, kmen H_3N_2 , na příklad v letech 2008–2009. (Kynčl 2005, Havlíčková 2019).

Vývoj počtu úmrtí na chřipku jako primární příčinu smrti v Česku za posledních 23 let je zhodnocen na základě absolutních dat a výpočtu standardizované míry úmrtnosti celkem a odděleně dle pohlaví.

Počet úmrtí na chřipku se od roku 2006 neustále zvyšuje, jak lze vidět z grafu č. 4, který obsahuje absolutní počty zemřelých na chřipku jako primární příčinu úmrtí v Česku v letech 1995–2018. V letech 2001–2008 byly evidovány nízké počty úmrtí s maximy kolem 50 zemřelých v jednotlivých letech. Od roku 2009 jsou evidovány kromě dvou výjimek vyšší hodnoty, světem se šířil pandemický vir chřipky H_3N_2 a H_1N_1 (Smetana 2018, Havlíčková 2019) a je zde patrný i nárůst počtu úmrtí, který se shoduje s výše uvedenými odhady, kdy je chřipka primární příčinou úmrtí.

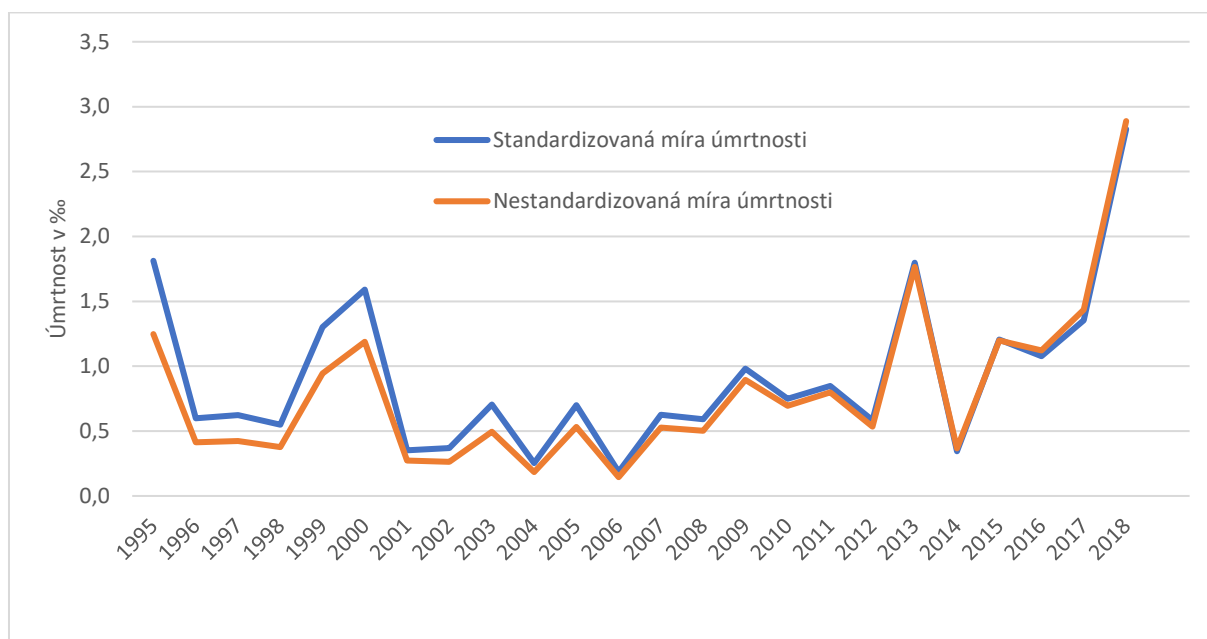
Graf 4: Počet zemřelých na chřipku v Česku v letech 1995–2018



Zdroj: PŘF UK (2020), vlastní tvorba

Na grafu č. 5 lze vidět standardizovanou i nestandardizovanou míru úmrtnosti na chřipku jako primární příčinu úmrtí v letech 1995 až 2018. Do roku 2006 lze pozorovat mírné odchylky mezi standardizovanou a nestandardizovanou mírou úmrtnosti, znamená to, že zde byl vliv věkové struktury na úmrtí na chřipku. Od roku 2006 lze pozorovat shodu průběhu s absolutním počtem, zanikl tedy vliv věkové struktury.

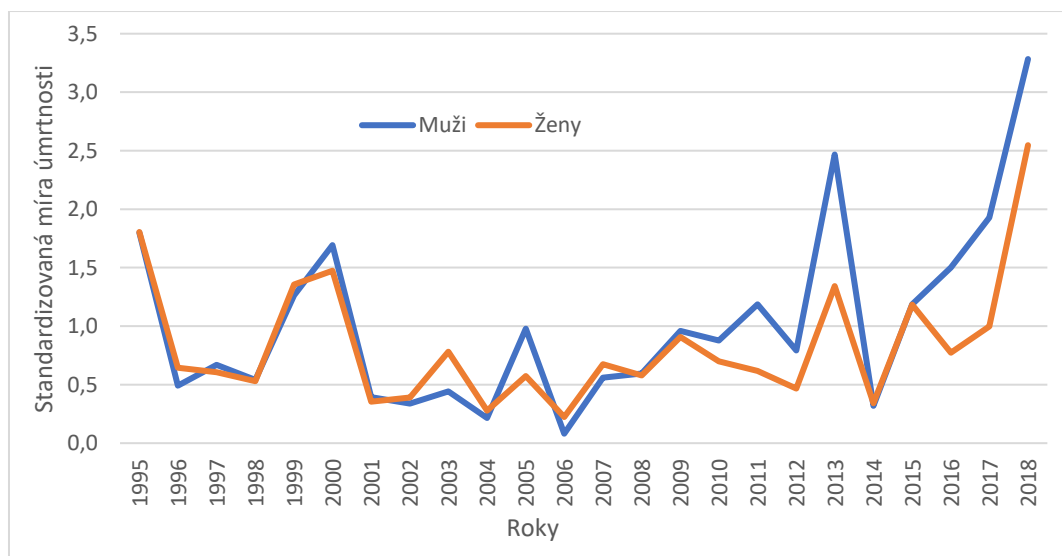
Graf 5: Standardizovaná míra úmrtnosti na chřipku v Česku v letech 1995–2018



Zdroj: PŘF UK (2020), vlastní tvorba

Při pohledu na standardizovanou míru úmrtnosti dle pohlaví (viz graf č. 6) lze konstatovat shodný průběh jako u standardizované úmrtnosti celkem s výjimkou posledních šesti let. Do roku 2002 jsou patrné pouze mírné odchylky v úmrtnosti mezi ženami a muži, ale od roku 2002 jsou již odchylky znatelné. V roce 2003 byla vyšší intenzita úmrtnosti u žen, naopak v roce 2004 byla větší intenzita úmrtnosti u mužů. V letech 2006–2009 se úmrtnost u mužů a žen téměř rovnala, ale od roku 2010 lze pozorovat výrazně nižší úmrtnost u žen s výjimkou v roce 2014, kdy byla úmrtnost u obou pohlaví stejná.

Graf 6: Standardizovaná míra úmrtnosti na chřipku dle pohlaví v Česku v letech 1995–2018



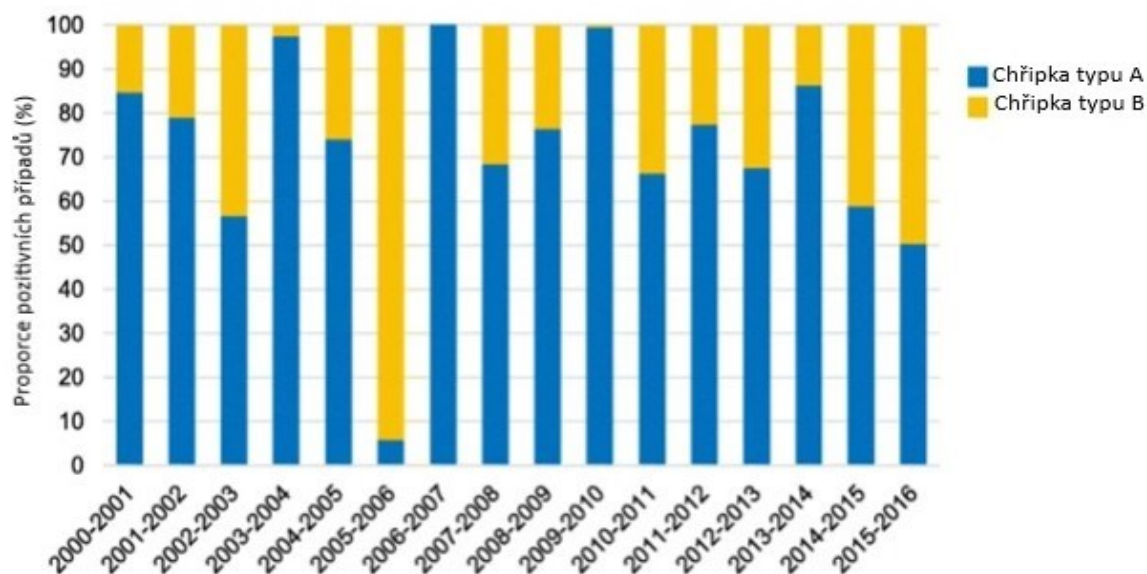
Zdroj: PŘF UK (2020), vlastní tvorba

6. Vývoj incidence chřipky v Česku

Incidence chřipky v Česku v posledních letech, zejména od roku 2017, neustále mírně stoupá. Tento vzestup můžeme najít ve všech věkových strukturách a ve všech krajích Česka (Rozsypal 2018). Ke zlepšení boje s onemocněním je nutné znát informace o šíření chřipkových virů. V Česku je ale hlášeno pouze 50–55 % všech případů chřipky, což znemožňuje provedení podrobných analýz. Tato skutečnost souvisí s tím, jak týdenní hlášení ohledně jednotlivých případů akutních respiračních infekcí (ARI) posílají praktičtí lékaři pro dospělé a pediatri prostřednictvím okresních a krajských hygienických stanic do SZÚ. Za ARI je v současnosti považováno každé onemocnění s diagnózou akutní zánět nosohltanu, akutní zánět hrtanu a průdušnice nebo chřipka. Celkový počet obyvatel v péči praktických lékařů hlásících ARI se každý týden lehce mění v závislosti na přirozené změně a představuje přibližně 50–55 % obyvatel Česka. Nemocnost akutních respiračních infekcí je hlášena jako míra incidence, tj. absolutní počet nových onemocnění v jednotlivých okresech a následně přepočítávána na 100 000 obyvatel (Kynčl 2008).

Výsledky analýzy Havlíčkové (2019) znázorněné na grafu č. 7 dokazují, že se v Česku nejvíce šíří chřipka typu A, která v každé sezóně od roku 2000 do roku 2016 představovala přes 55 % všech případů chřipky. Výjimkou byla pouze sezóna 2005–2006, kdy převládala chřipka typu B. Chřipka typu B představuje ve všech sezónách, kromě této sezóny 2005–2006, přibližně 20 % všech případů. Vysoké šíření chřipky typu B v sezóně 2005–2006 bylo způsobeno špatným kmenem ve vakcíně této sezóny. Nesoulad mezi obíhající chřipkou a vakcínou tedy způsobil vysoké šíření tohoto kmenu. Kmeny chřipky A, typy H₁N₁ nebo H₃N₂ byly identifikovány u téměř 80,5 % ze všech případů chřipky A. Celkově přes 66 % bylo způsobeno chřipkou typu A subtypem H₁N₁, nicméně většina z těchto případů byla obsažena v pandemickém roce 2009–2010 (Havlíčková 2019). Graf č. 7 přehledně znázorňuje zastoupení chřipkového kmenu A či B.

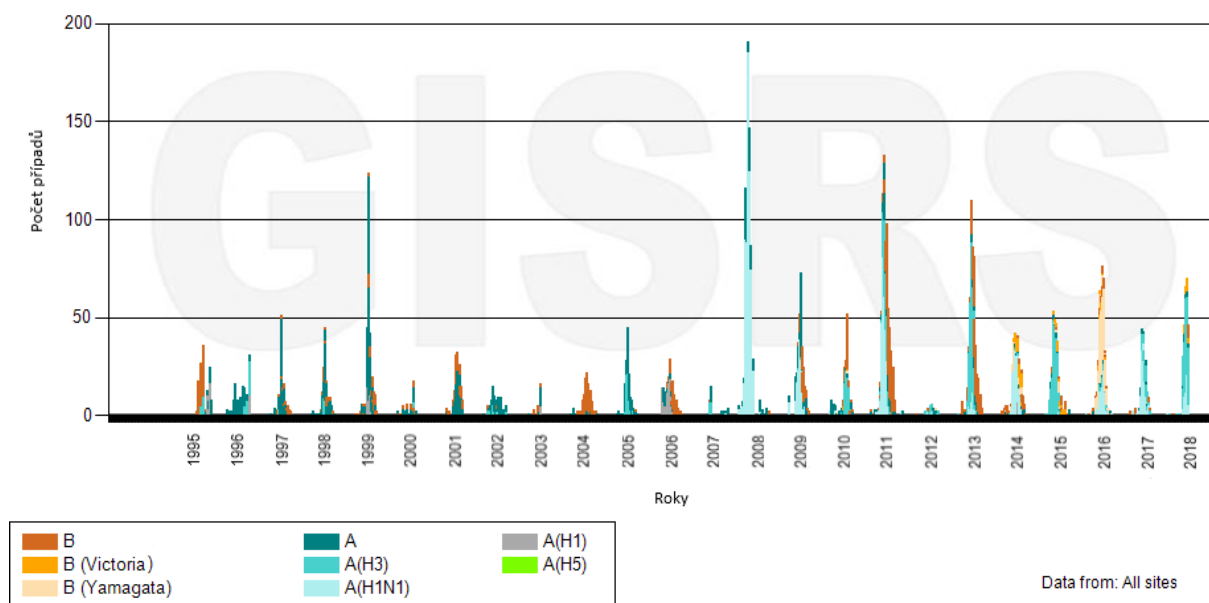
Graf 7: Podíl případů chřipky typu A a B v sezónách od roku 2000 do 2016 v Česku



Zdroj: Havlíčková (2019)

Graf č. 8 znázorňuje početní zastoupení nakažených jednotlivými typy chřipky v Česku od prvního týdne roku 1995 až do posledního týdne roku 2018. Obecně lze vyčíst, že převládá typ chřipky A. Pouze v roce 2006 byl dominantní typ B, jak již bylo řečeno bylo to způsobeno nevhodnou vakcínou. V roce 2010 převládal typ A, subtyp H₁N₁ – opět jak bylo zmíněno, tyto hodnoty byly způsobeny pandemií ptačí chřipky.

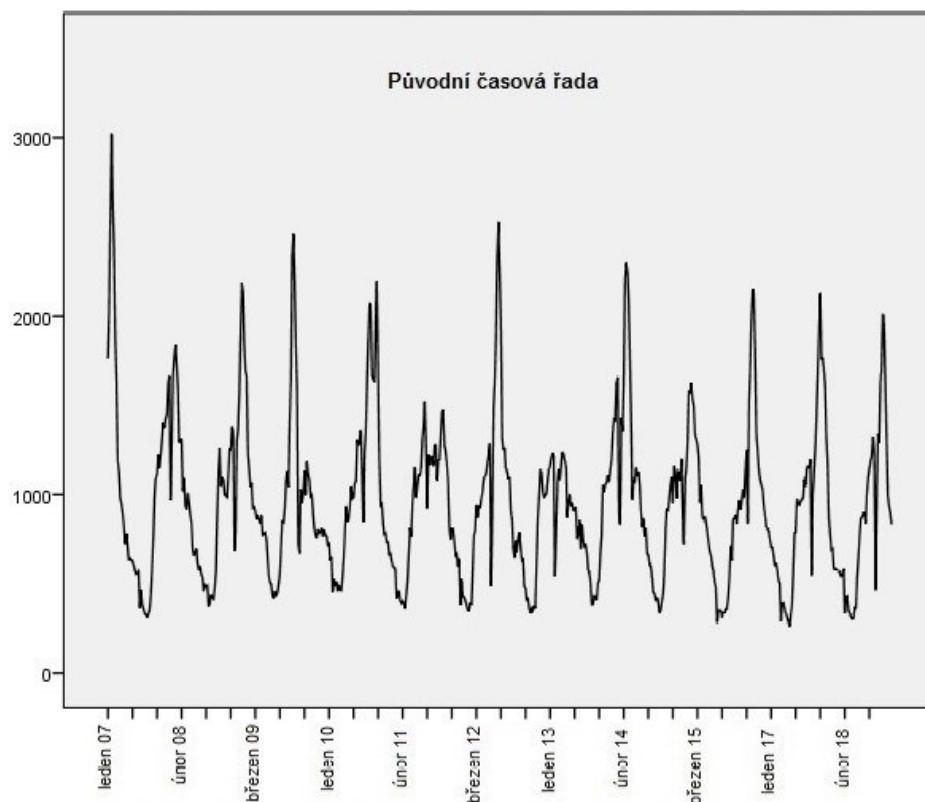
Graf 8: Početní zastoupení nakažených typy chřipky v Česku od roku 1995 do roku 2018



Zdroj: WHO (2020)

Na obrázku č. 11 je použita původní časová řada, z které nelze jednoznačně pozorovat trend ani sezónnost. Pro lepší čitelnost a interpretaci výsledků jsou dále v práci použity grafy obsahující vždy pouze sledovanou složku časové řady tak, jak bylo představeno v metodické kapitole při popisu dekompozice časové řady (viz graf 3).

Obrázek 11: Původní časová řada (Zlínský kraj)



Zdroj: SZÚ (2019)

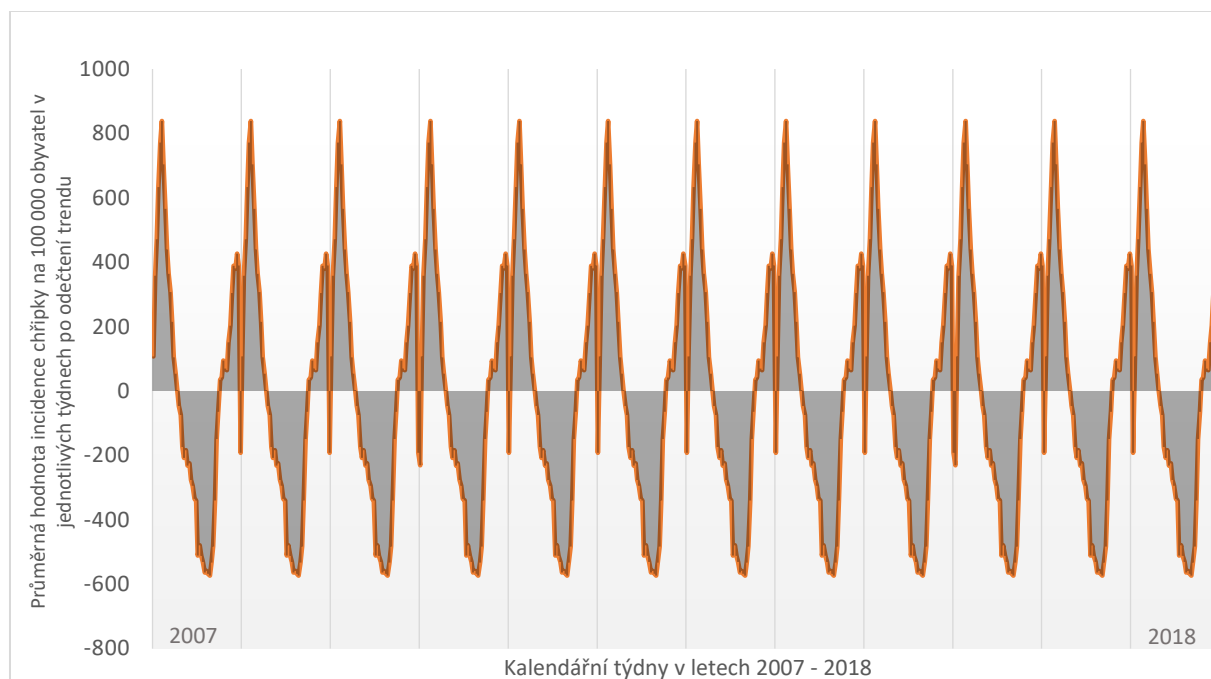
6.1. Sezónnost incidence chřipky

Dle Davidsona (2015) obecně můžeme říct, že se incidence chřipky zvyšuje od září do konce roku, v průběhu zimních prázdnin se incidence nakažených opět snižuje a po návratu dětí do škol se incidence opět začne zvyšovat až do oteplení. Vliv na šíření chřipky v těchto měsících nemá počasí jako takové, ale skutečnost, že se lidé v tuto dobu více vyskytují v uzavřených prostorech.

Analýza a dekompozice časové řady incidence chřipky byla provedena ve všech 14 krajích. Z dekompozice vyšla pro jednotlivé týdny sezónní složka, která je průměrem za celé sledované období. Jak lze vidět na grafu č. 9, hodnoty se ve všech letech opakují, jelikož se jedná o průměr za všechny sledované roky. Svislé čáry v grafu označují jednotlivé kalendářní roky od roku 2007 do roku 2018. Již z tohoto grafu je patrné opakování určitých jevů, které ovlivňují incidenci chřipky, jako je zvýšení incidence v chladných měsících, a naopak výrazný

pokles v letních měsících. Dále jsou na grafu patrné dva peaky (vrcholy), první vrchol se objevuje před koncem roku, v průběhu zimních prázdnin lze vidět výrazný pokles incidence, která po návratu dětí do škol opět silně narůstá.

Graf 9: Sezónnost chřipky v letech 2007–2018 ve Zlínském kraji



Zdroj: SZÚ (2019)

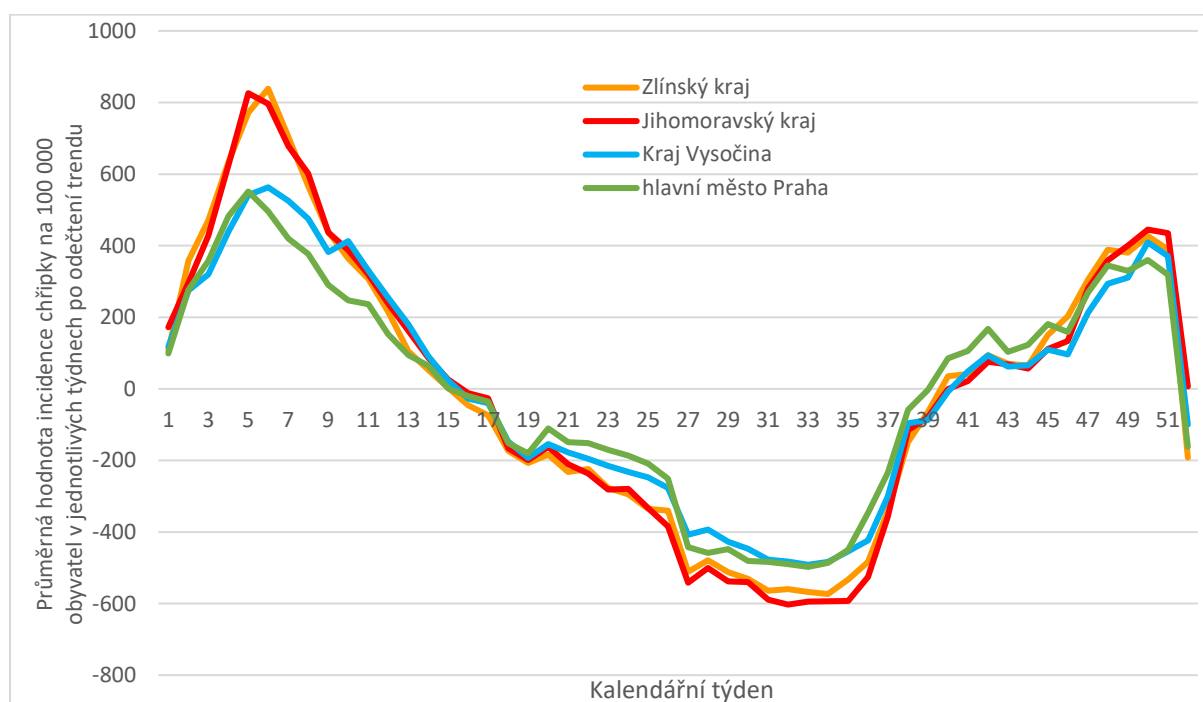
V následujících grafech je vždy použit jen jeden reprezentativní rok z důvodu lepší čitelnosti informací z grafu a vhodnějšímu popisu sezónnosti v Česku. Při použití jednoho roku v grafu č. 10 se tedy nejedná o konkrétní rok, ale průměrnou sezónnost zjištěnou v rámci celého sledovaného období.

Na grafu č. 10 jsou zobrazeny čtyři kraje obsahující extrémní hodnoty sezónní složky. Sezónnost byla měřena podle hodnoty maxima sezónní složky, přičemž ve všech krajích byly vrcholy v 5. nebo 6. kalendářním týdnu. Maxima byla pozorována ve Zlínském a Jihomoravském kraji, naopak nejmenší hodnoty sezónnosti byly v Kraji Vysočina a v hlavním městě Praha.

Menší postižení chřipkou hlavního města potvrzuje i Havlíčková (2019) a jako možný faktor uvádí, že mnoho lidí do hlavního města dojíždí za prací, tudíž při vyšetření na chřipku je uvedeno místo trvalého bydliště, nikoliv místo pracoviště. Další možností, proč je v Praze nižší nárůst incidence v chřipkové sezóně je fakt, že lidé v průběhu jarních prázdnin Prahu opouští.

Na grafu č. 10 je opět vidět jasná sezónnost a dva hlavní vrcholy sezónnosti. Nárůst chřipkové incidence lze pozorovat již od začátku září, nejvyšší nárůst pak od přibližně 40. kalendářního týdne, což koresponduje se začátkem chřipkové sezóny v Česku. První, menší peak lze pozorovat přibližně v 50. kalendářním týdnu, to znamená těsně před Vánocemi. Následně v průběhu vánočních prázdnin incidence klesá. Hlavní peak incidence lze pozorovat po návratu dětí do škol, vždy v pátém nebo šestém kalendářním týdnu. Od tohoto vrcholu poté lze vidět neustálé klesání incidence úměrně s tím, jak se i zvyšuje venkovní teplota a lidé tráví méně času uvnitř budov až do září, což koresponduje s tvrzením Davidsona (2015).

Graf 10: Sezónnost chřipky ve vybraných krajích v reprezentativním roce



Zdroj: SZÚ (2019)

Na základě provedené dekompozice časových řad a identifikace sezónní složky lze potvrdit první hypotézu, tedy že se chřipková sezóna v Česku skutečně vyskytuje s časovou pravidelností, což odpovídá odborné literatuře. Tato hypotéza byla potvrzena ve všech krajích Česka s odchylkou jednoho týdne.

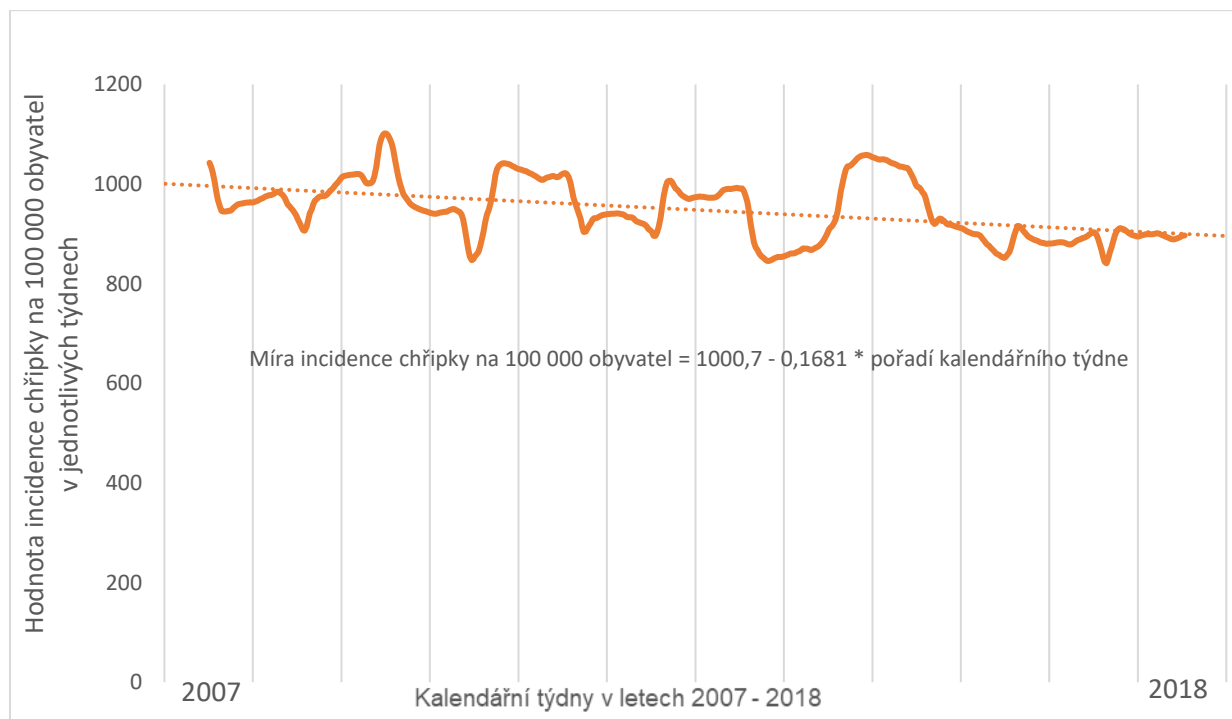
Tak jak můžeme sledovat rozdíly v nárůstu incidence, můžeme je pozorovat i v poklesu. Maximální pokles incidence se nejčastěji objevuje ve 33. kalendářním týdnu s odchylkou jednoho týdne. Nejvíce krajů (šest) projevuje maximální pokles ve 34. kalendářním týdnu, poté čtyři kraje ve 32. a čtyři kraje ve 33. kalendářním týdnu. Nejmenší pokles v incidenci měl Jihočeský a Karlovarský kraj, naopak největší propad byl sledován v Jihomoravském a Moravskoslezském kraji.

6.2. Časový trend incidence chřipky

Následující část práce se věnuje časovým trendům a vývoji nemocnosti chřipky v Česku opět od roku 2007 do roku 2019. Analyzovány jsou časové řady za jednotlivé kraje, přičemž je provedena dekompozice časové řady incidence chřipky odhalující trend incidence chřipky v Česku.

Graf č. 11 znázorňuje, jak byl zkoumán trend incidence chřipky v Česku. Incidence byla zanesena do grafu po jednotlivých kalendářních týdnech, proložena spojnici trendu a následně byla ještě vypočítaná regresní rovnice. Svislé čáry v grafu označují jednotlivé kalendářní roky.

Graf 11: Trend vývoje incidence chřipky ve Zlínském kraji v letech 2007–2018



Zdroj: SZÚ (2019)

Tabulka č. 1 obsahuje regresní rovnice trendu incidence chřipky za jednotlivé kraje v Česku. Jedná se o obecnou regresní rovnici $Y = B + A \cdot X$, tak jak lze i vidět na grafu č. 11. Písmeno Y označuje závisle proměnnou, v tomto případě míru incidence chřipky na 100 000 obyvatel, písmeno X označuje nezávisle proměnnou, kterou je pořadí kalendářního týdne. Písmeno B značí regresní koeficient a písmeno A regresní konstantu. Záporné či kladné znaménko regresního koeficientu značí, zda je trend rostoucí či klesající. Pokud je kladné, znamená to, že je trend rostoucí, tedy v průběhu sledovaného období dochází k nárůstu incidence chřipky. Pokud je regresní koeficient záporný, je trend klesající a incidence klesá. Pro lepší orientaci v tabulce je zelenou barvou označen kraj mající téměř stagnující trend

incidence (Pardubický) a červenou barvou kraje mající rostoucí trend. Bez barvy jsou poté kraje mající klesající trend incidence chřipky.

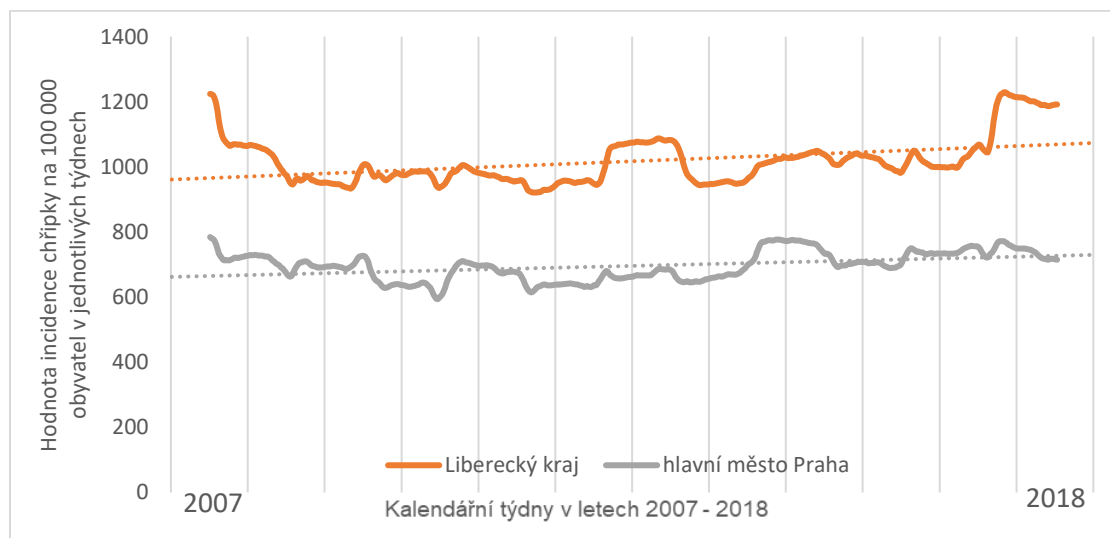
Tabulka 1: Regresní rovnice trendu incidence chřipky v jednotlivých krajích (2007–2018)

KRAJ	REGRESNÍ ROVNICE
Jihočeský	$y = 1012,1 - 0,2464x$
Jihomoravský	$y = 1133,5 - 0,1339x$
Karlovarský	$y = 965,71 - 0,8866x$
Královéhradecký	$y = 1045,1 - 0,4296x$
Liberecký	$y = 960,94 + 0,1801x$
Moravskoslezský	$y = 1243,7 - 0,6409x$
Olomoucký	$y = 915,71 - 0,0709x$
Pardubický	$y = 885,57 - 0,0049x$
Plzeňský	$y = 886,81 - 0,0901x$
hlavní město Praha	$y = 662,01 + 0,1084x$
Středočeský	$y = 902,82 - 0,1333x$
Ústecký	$y = 950,59 - 0,1743x$
Vysočina	$y = 922,46 - 0,2575x$
Zlínský	$y = 1000,7 - 0,1681x$

Zdroj: SZÚ (2019)

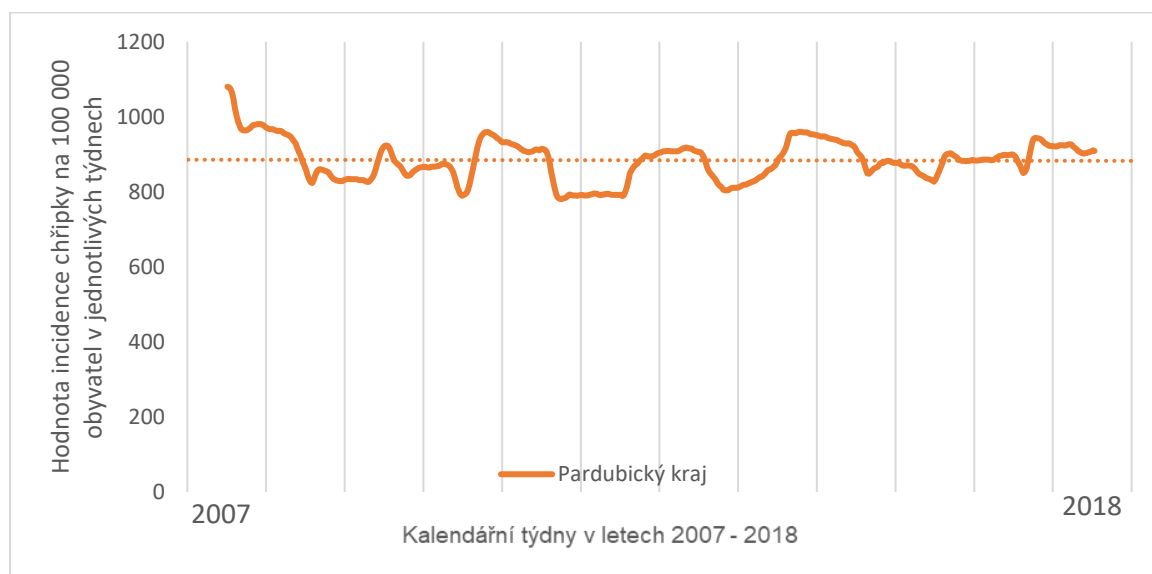
Následující grafy č. 12, 13 a 14 jsou grafickým znázorněním tabulky č. 1, svislé čáry opět znázorňují jednotlivé kalendářní roky. Na grafu č. 12 jsou znázorněny jediné dva kraje v Česku mající rostoucí trend vývoje incidence. Graf č. 13 zobrazuje Pardubický kraj, mající téměř stagnující trend jako jediný ze 14 krajů. Regresní rovnice obsahuje záporné znaménko, ale číselná hodnota je tak blízká nule, že je možné tento trend označit za stagnující. Pro čitelnost a přehlednost obsahuje poslední graf (č. 14) pouze tři vybrané kraje jako zástupce krajů mající klesající trend vývoje incidence.

Graf 12: Kraje s rostoucím trendem incidence chřipky v letech 2007–2018



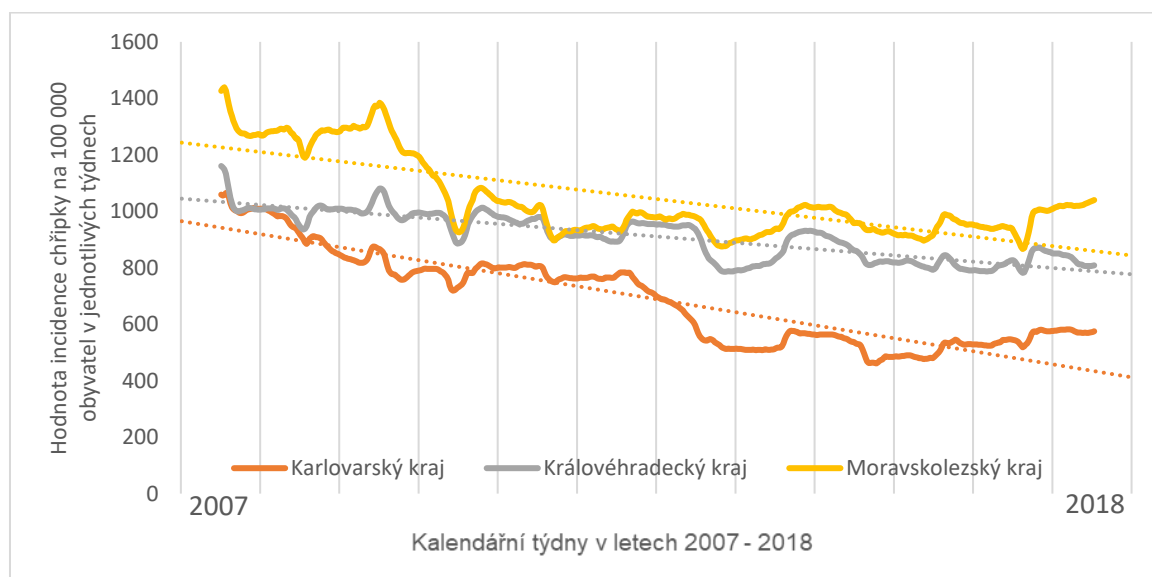
Zdroj: SZÚ (2019)

Graf 13: Kraje se stagnujícím trendem incidence chřipky v letech 2007–2018



Zdroj: SZÚ (2019)

Graf 14: Příklad krajů s klesajícím trendem incidence chřipky v letech 2007–2018



Zdroj: SZÚ (2019)

Na základě provedené dekompozice časových řad a identifikace trendové složky lze zamítnout druhou hypotézu, že dochází v Česku za posledních 10 let k nárůstu incidence chřipky. Jak dokládají výsledky v tabulce č. 1, v Česku můžeme pozorovat klesající trend vývoje incidence chřipky v 11 ze 14 krajů. Pardubický kraj vykazoval téměř stagnující vývoj incidence a pouze dva kraje (Liberecký a hlavní město Praha) mají rostoucí trend incidence. V hlavním městě je tento kladný vývoj mírnější než v Libereckém kraji, přesto není zanedbatelný. Obecně v Česku a jednotlivých krajích lze ve sledovaném období pozorovat pokles incidence chřipky. Rozdílné výsledky oproti odborné literatuře mohou být způsobeny

délkou zkoumaného období. Odborná literatura (Rozsypal 2018) zkoumala trend v kratším období, ovšem v této práci bylo analyzováno období od roku 2007 do roku 2018.

6.3. Prostorový vzorec incidence chřipky

Následující část práce je věnována prostorové analýze incidence chřipky v Česku. Pomocí GIS byly vytvořeny kartogramy zobrazující průměrnou roční hodnotu incidence chřipky v Česku v jednotlivých krajích za jednotlivé sezóny. Mapy obsahují vždy dvě informace, první se týká průměrné incidence v dané sezoně a je vyjádřena barvou, druhá se týká týdne, kdy byl v dané sezoně absolutně nejvyšší počet nakažených v daném kraji, a je uvedena jako číselný údaj v mapě.

Intervaly pro určení barevné škály v jednotlivých kartogramech jsou určeny na základě metody násobků směrodatné odchylky od průměru. Žlutá barva označuje hodnoty okolo průměru incidence. Oranžová a červená barva označují násobky směrodatné odchylky nad průměrem, což znamená zvýšenou incidenci chřipky. Naopak modrá a tyrkysová barva označují hodnoty směrodatné odchylky pod průměrem, tedy nízkou incidenci chřipky.

Z kartogramů (obrázky č. 12–22) jasně vyplývá, že v jednotlivých sezónách je zvýšená incidence chřipky nejčastěji v Jihomoravském kraji. Směrodatná odchylka byla dvakrát vyšší než průměrné hodnoty v sedmi z 11 sledovaných sezón. Tato zvýšená incidence koresponduje i se zvýšenou sezónností v tomto kraji, na kterou již bylo upozorněno dříve. Dalším krajem, který prokazoval zvýšenou incidenci chřipky, byl Moravskoslezský a Liberecký kraj. Oba tyto kraje se pohybují v hodnotách nad průměrem ve všech sledovaných sezónách, v několika sezónách dokonce na stejných nebo vyšších odchylkách nad průměrem oproti Jihomoravskému kraji. V pěti sledovaných sezónách lze vidět zvýšené hodnoty i u Zlínského kraje, což opět odpovídá stejnému zjištění jako u sezónnosti. V ostatních sezónách tento kraj vykazuje zcela průměrné hodnoty incidence.

Sezóna 2009–2010 je označována za pandemickou (Havlíčková 2019), vzhledem k šíření tzv. prasečí neboli mexické chřipky. Při pohledu na obrázek č. 14, který tuto sezónu obsahuje, můžeme vidět, že v Česku tento pandemický vir nezpůsobil zvýšenou incidenci chřipky, jak bychom předpokládali.

Nejnižší hodnoty incidence oproti průměru vykazoval Karlovarský kraj a hlavní město Praha. Oba kraje měly nejnižší hodnoty v šesti sezónách z 11 sledovaných. Kromě první sezóny (2007–2008) u Karlovarského kraje měly oba tyto kraje ve všech sledovaných sezónách podprůměrné hodnoty incidence chřipky. Karlovarský kraj má nejmenší počet

obyvatel ze všech krajů v Česku, což může mít vliv na nižší incidenci chřipky v tomto kraji. Nízká incidence chřipky může být opět vysvětlená, jako u sezónnosti, tak jak popisuje Havlíčková (2019). Mnoho lidí do hlavního města dojíždí za prací, tudíž při vyšetření uvedou místo svého trvalého bydliště nebo naopak z města odjíždění na víkendy a prázdniny.

Tak jak byly vidět nižší hodnoty u sezónnosti u Kraje Vysočina, i zde tento kraj ve třech sezónách prokazuje hodnoty incidence pod průměrnou hodnotou. Dalším krajem mající nižší hodnoty incidence je Plzeňský kraj, což může mít stejný důvod jako u Kraje Vysočiny. Tedy, že se jedná sice o kraj s vysokým počtem obyvatelstva, ale rozprostírá se na velkém území a má nižší hustotu zalidnění. U Středočeského kraje lze vzhledem k vysokému počtu obyvatel a k dojíždění za prací očekávat vysokou incidenci chřipky. Tento kraj ovšem vykazuje zcela opačný výsledek. Po většinu sezón jsou ve Středočeském kraji zcela průměrné hodnoty incidence, dokonce ve dvou sezónách byly zaznamenány podprůměrné hodnoty. Zajímavá je celková sezóna i 2013–2014, která je již na první pohled „poklidnější“ než ostatní, jelikož obsahuje jen kraje, které se od průměru liší jen jedním násobkem směrodatné odchylky a nikoliv dvěma, jako je tomu v jiných letech.

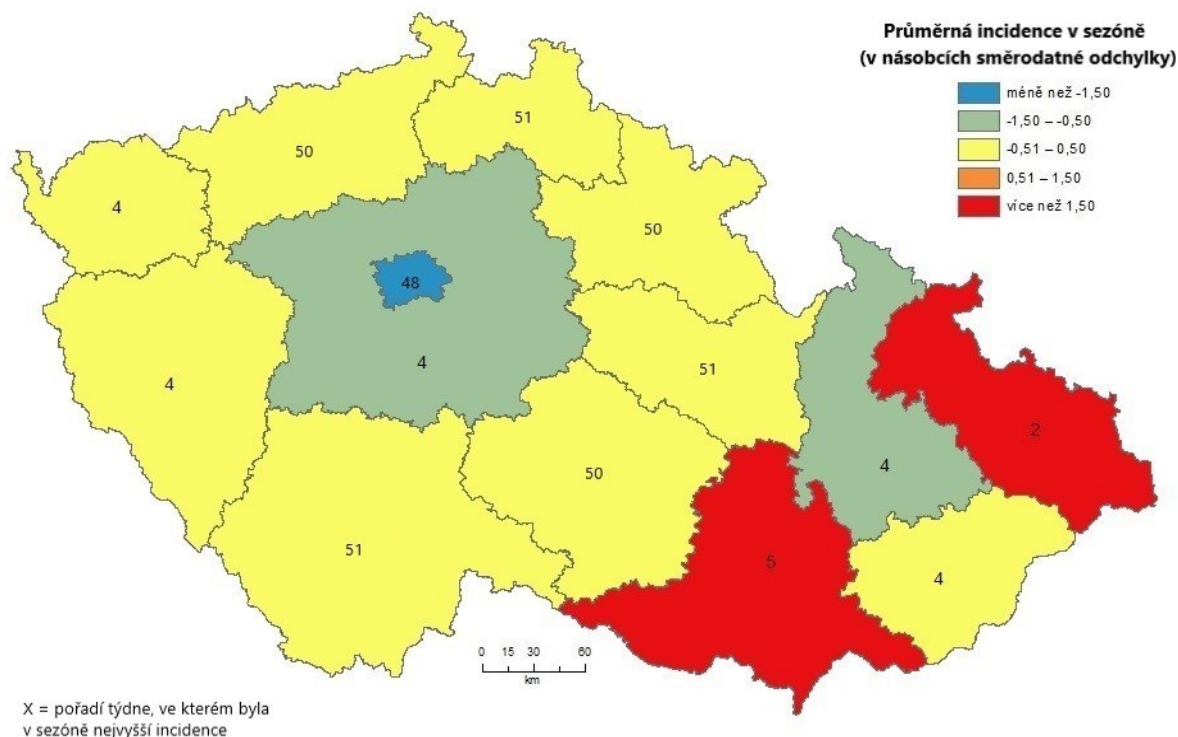
Na základě provedené analýzy a vizualizace lze zamítnout třetí hypotézu týkající se vyšších hodnot incidence v krajích s velkými městy, tedy charakteristickými dojížděním za prací či vysokou urbanizací. Mezi tyto kraje patří hlavní město Praha, Středočeský kraj, Jihomoravský kraj, Moravskoslezský kraj a Plzeňský kraj. Kromě Jihomoravského kraje, kde byla incidence chřipky významně vyšší oproti zbytku republiky v naprosté většině sledovaných sezón byla v předpokládaných krajích incidence chřipky oproti průměru v Česku nižší. Hlavní město Praha dokonce ve všech sledovaných sezónách. Tento výsledek je v souladu s Havlíčkovou (2019), která uvádí nižší incidenci chřipky v hlavní městě z důvodu odjezdu lidí z hlavního města na prázdniny (dny volna) a místem bydliště dojíždějících lidí za prací do hlavního města. Tito lidé pak při vyšetření na chřipku uvádějí místo trvalého bydliště, které je odlišné od místa zaměstnání.

Číslo uvedené u jednotlivých krajů v mapě označuje týden, kdy byl v dané sezóně absolutně nejvyšší počet nakažených. Díky tomuto číslu můžeme sledovat prostorové šíření chřipky v Česku, tedy jestli i zde shodně jako ve světě platí vzorec šíření od západu na východ a od jihu na sever. Obecně vždy v sezónách platí, že nejvíce nakažených je po návratu dětí do škol, nejčastěji ale po návratu z vánočních prázdnin, jak uvádí i Davidson (2015).

První sezóna (2007–2008), která je vidět na obrázku č. 12, má nejvíce nakažených již před koncem roku, to znamená před vánočními prázdninami. Vůbec prvním krajem mající peak incidence v této sezóně bylo hlavní město Praha a mělo vrchol incidence již ve 48.

kalendářním týdnů. Následně dochází k explozi incidence ve 4. kalendářním týdnu v několika krajích napříč republikou.

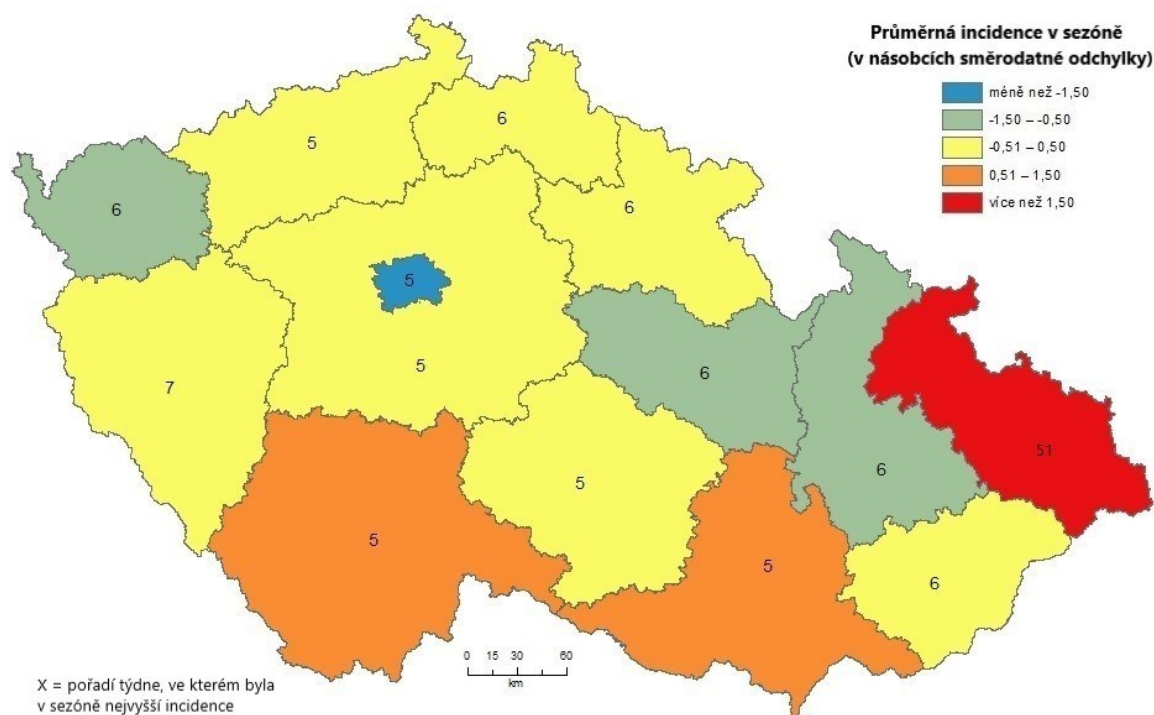
Obrázek 12: Průměrná incidence chřipky v jednotlivých krajích v sezóně 2007–2008



Zdroj: SZÚ (2019), vlastní tvorba

V další sezóně 2008–2009, která je zobrazená na obrázku č. 13, je nejvyšší incidence mezi pátým až šestým kalendářním týdnem roku 2009. Plzeňský kraj má nejvyšší incidenci až v sedmém kalendářním týdnu, naopak Moravskoslezský kraj dosáhl vrcholu incidence již před začátkem tohoto roku, a to v 51. kalendářním týdnu roku 2008.

Obrázek 13: Průměrná incidence chřipky v jednotlivých krajích v sezóně 2008–2009

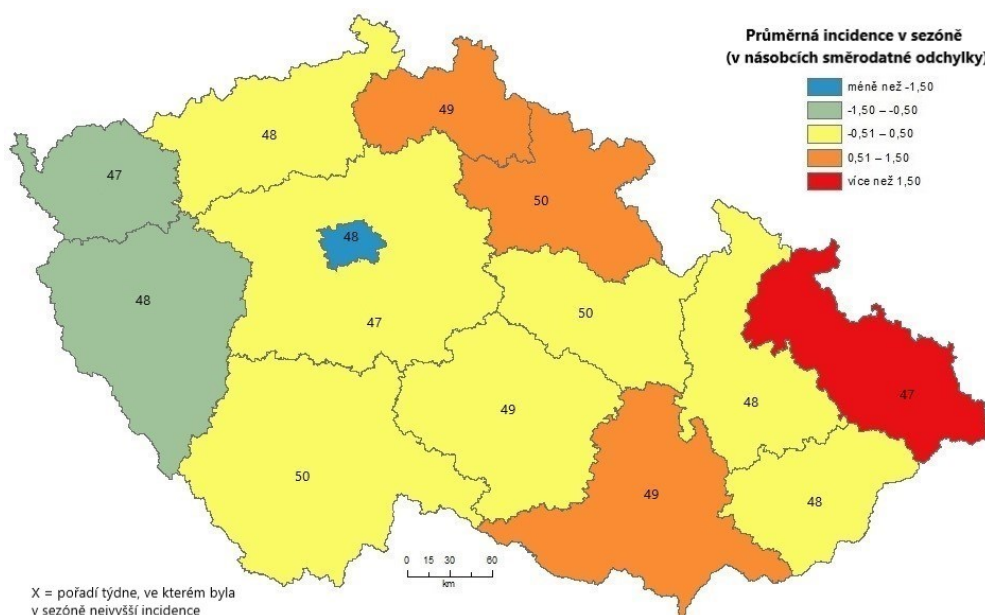


Zdroj: SZÚ (2019), vlastní tvorba

Sezóna probíhající v roce 2009–2010, viz obrázek č. 14, je zvláštní tím, že všechny kraje Česka měly vrchol incidence chřipky již před koncem roku, to znamená v roce 2009. Rozpětí bylo od 47. do 50. kalendářního týdne, přičemž nejvíce krajů mělo vrchol incidence ve 48. kalendářním týdnu roku 2009. Jako první, tedy ve 47. týdnů měly vrchol Karlovarský a Moravskoslezský kraj, ležící na opačných koncích Česka.

Tento rok je v literatuře označován za pandemický rok, jelikož se šířila tzv. prasečí chřipka, vzhledem k jiným a rychlejším vzorcům šíření pandemických virů jsou vrcholy incidence před koncem roku logické.

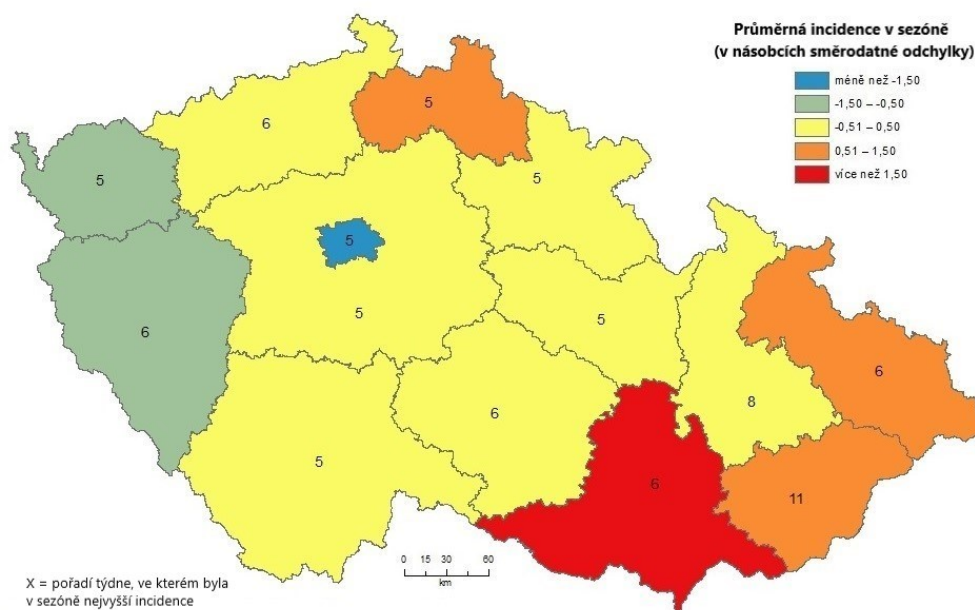
Obrázek 14: Průměrná incidence chřipky v jednotlivých krajích v sezóně 2009–2010



Zdroj: SZÚ (2019), vlastní tvorba

Na obrázku č. 15 je zobrazena sezóna 2010–2011, kde se opět opakuje, že nejvyšší incidence byla ve všech krajích zaznamenána mezi pátým a šestým kalendářním týdnem. V pátém týdnu mělo vrchol incidence sedm krajů, v šestém týdnu to bylo pět krajů. Mimo tento vzorec je Olomoucký a Zlínský kraj, kde byly vrcholy incidence později. V Olomouckém kraji byl vrchol incidence zaznamenán v osmém kalendářním týdnu a ve Zlínském kraji dokonce v 11. týdnu.

Obrázek 15: Průměrná incidence chřipky v jednotlivých krajích v sezóně 2010–2011

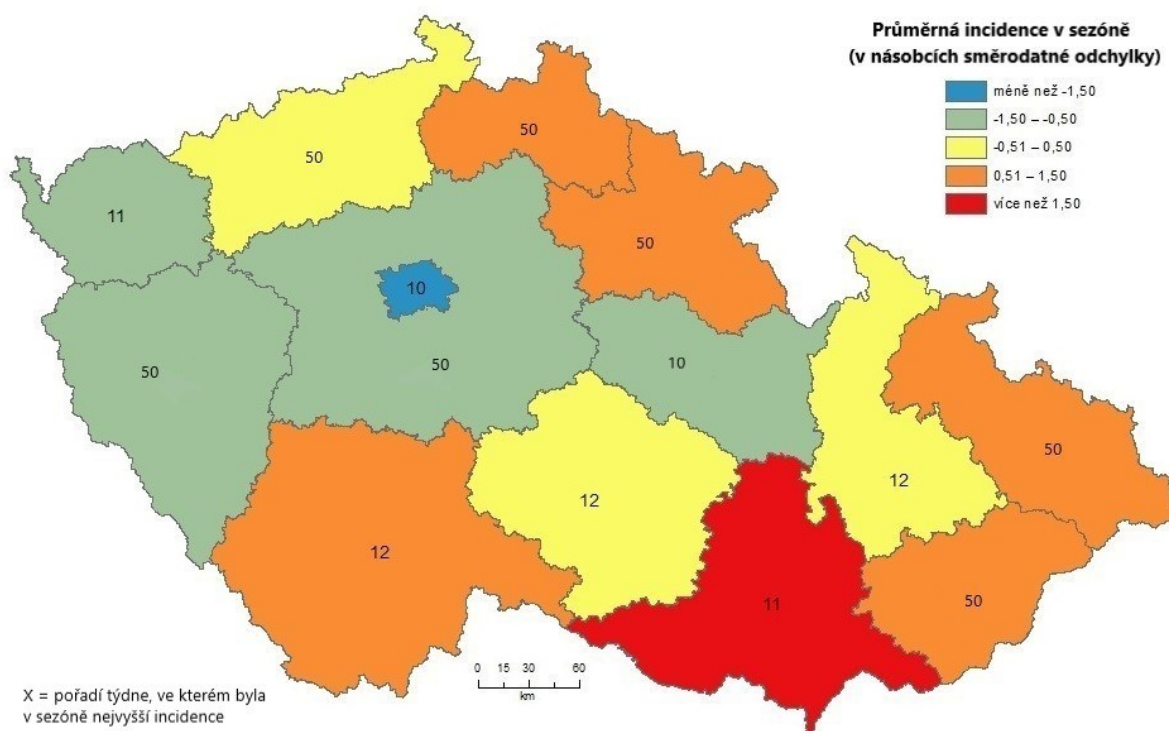


Zdroj: SZÚ (2019), vlastní tvorba

Následující sezóna 2011–2012 zobrazená na obrázku č. 16 obsahuje velké rozdíly mezi vrcholy incidence v jednotlivých krajích Česka. Sedm krajů mělo vrchol incidence již před koncem roku, konkrétně v 50. kalendářním týdnu. Naopak zbylých sedm krajů mělo vrchol incidence až po 10. kalendářním týdnu. Rozdíl mezi vrcholy incidence je tedy více než 12 týdnů, což je mnohem déle než u jiných sezón.

Zajímavé je také rozložení těchto vrcholů. Normálně bychom očekávali, že kraje, které mají vrcholy před koncem roku a naopak, spolu budou sousedit. Při pohledu na mapu je ale zřejmé, že tomu tak není a rozložení působí zcela náhodně.

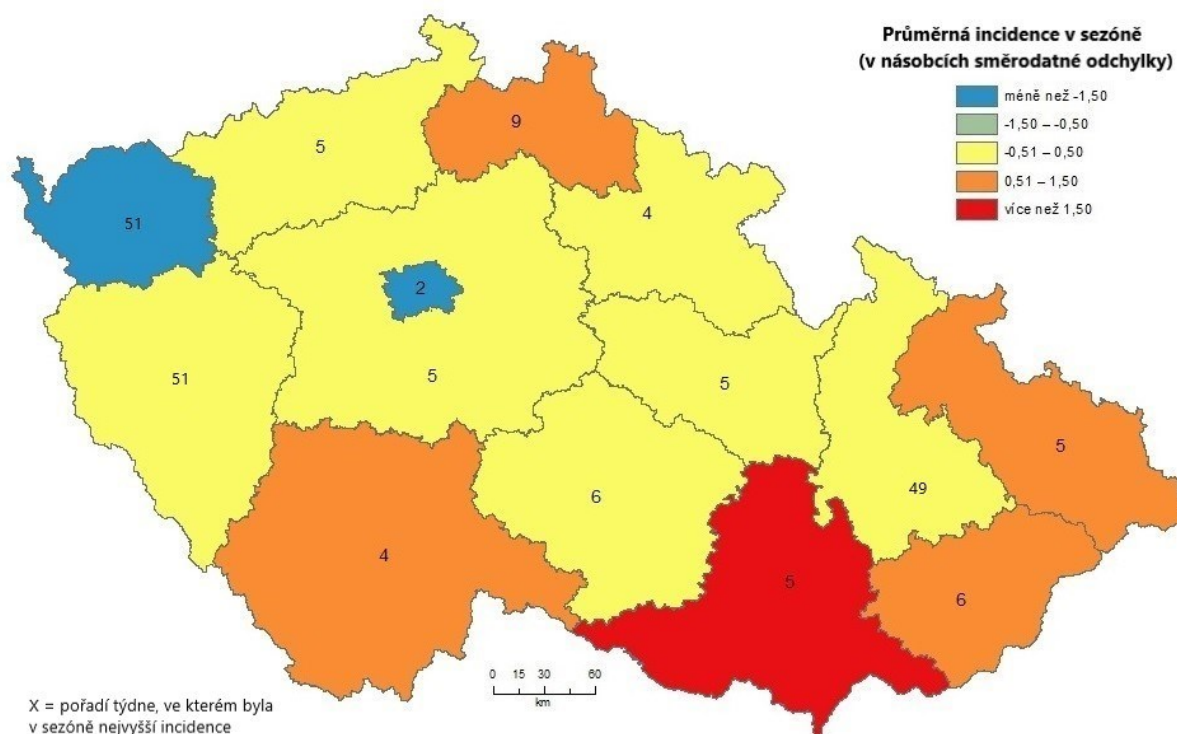
Obrázek 16: Průměrná incidence chřipky v jednotlivých krajích v sezóně 2011–2012



Zdroj: SZÚ (2019), vlastní tvorba

Sezóna 2012–2013 na obrázku č. 17 také obsahuje kraje, které mají vrchol incidence již před koncem roku, ale ostatní kraje nemají své vrcholy incidence tak vzdálené jako tomu bylo u předchozí sezóny. V Karlovarském a Plzeňském kraji ležící na západě země incidence vrcholí v 51. kalendářním týdnu, v Olomouckém kraji na východě dokonce již ve 49. týdnu. Hlavní město má svůj vrchol již ve druhém kalendářním týdnu a zbytek krajů se většinou pohybuje mezi čtvrtým a pátým týdnem. Pouze Liberecký kraj má vrchol incidence jako poslední, a to až v devátém týdnu.

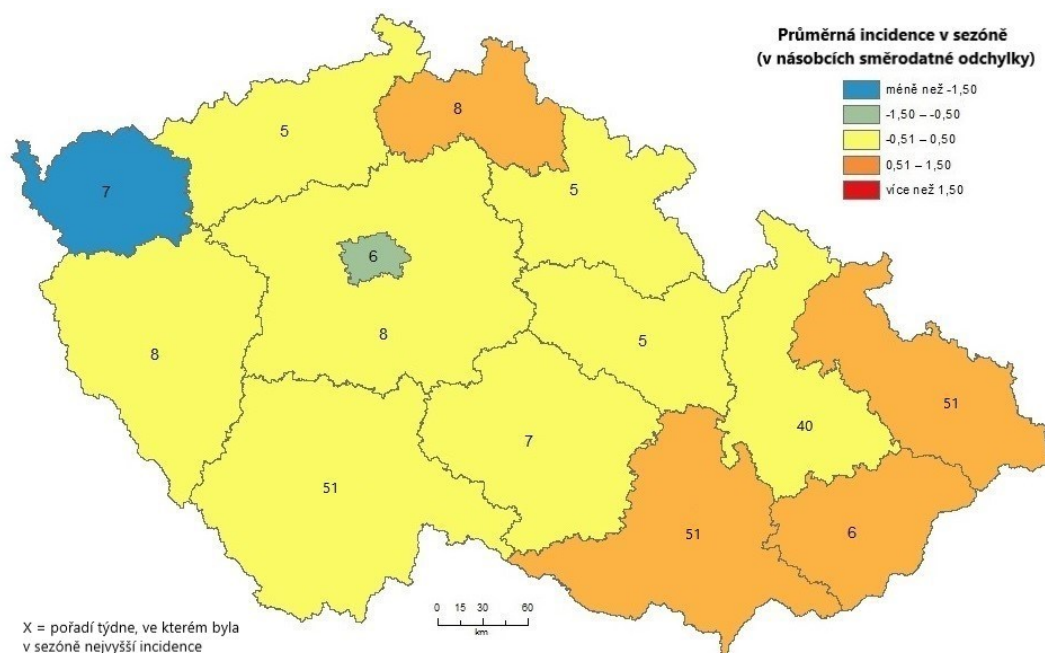
Obrázek 17: Průměrná incidence chřipky v jednotlivých krajích v sezóně 2012–2013



Zdroj: SZÚ (2019), vlastní tvorba

Obrázek č. 18 zobrazuje sezónu 2013–2014, která se na první pohled „klidnější“ než ostatní, přesto při pozornějším pozorování zjistíme, že Olomoucký kraj měl v této sezóně vrchol incidence již ve 40. kalendářním týdnu, což odpovídá začátku sezóny. Následují ho Jihomoravský, Jihočeský a Moravskoslezský kraj, které mají incidenci na vrcholu těsně před Vánoci, to znamená v 51. týdnu. Zbytek krajů se pohybuje mezi pátým a osmým týdnem roku 2014, opět bez ohledu na polohu krajů.

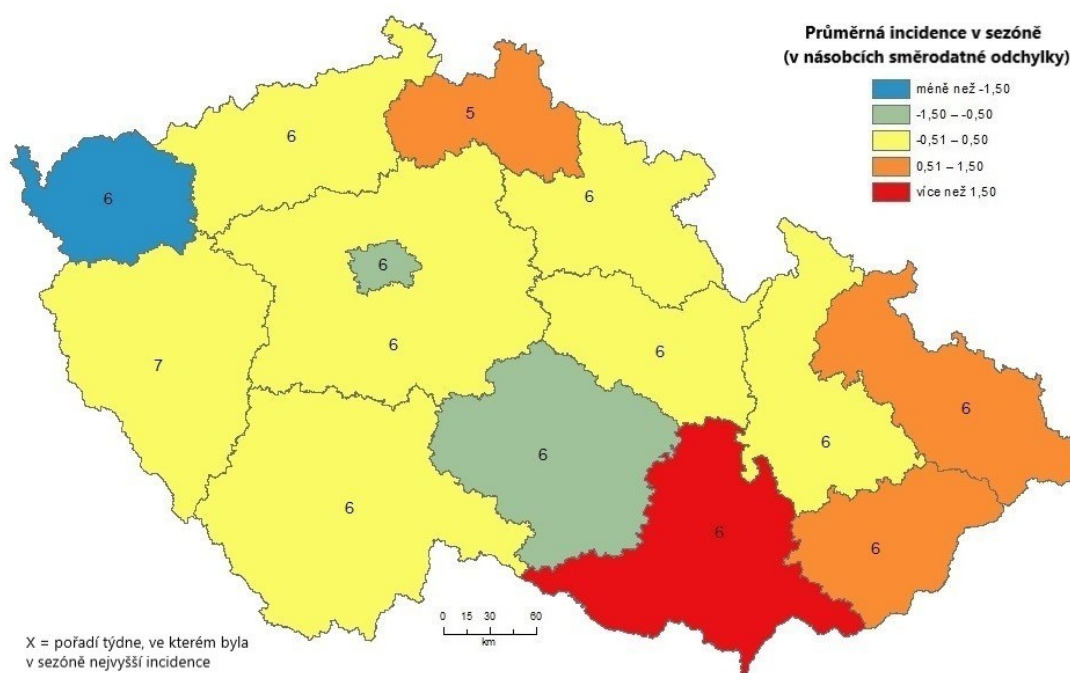
Obrázek 18: Průměrná incidence chřipky v jednotlivých krajích v sezóně 2013–2014



Zdroj: SZÚ (2019), vlastní tvorba

Sezóna v letech 2014–2015 (viz obrázek č. 19) se vyznačuje explozivním šířením chřipky, kdy téměř všechny kraje Česka měly svůj vrchol incidence ve stejném, šestém, týdnu. Pouze Liberecký kraj měl vrchol incidence o týden dříve a Plzeňský kraj měl naopak vrchol incidence o týden později, to znamená v sedmém kalendářním týdnu.

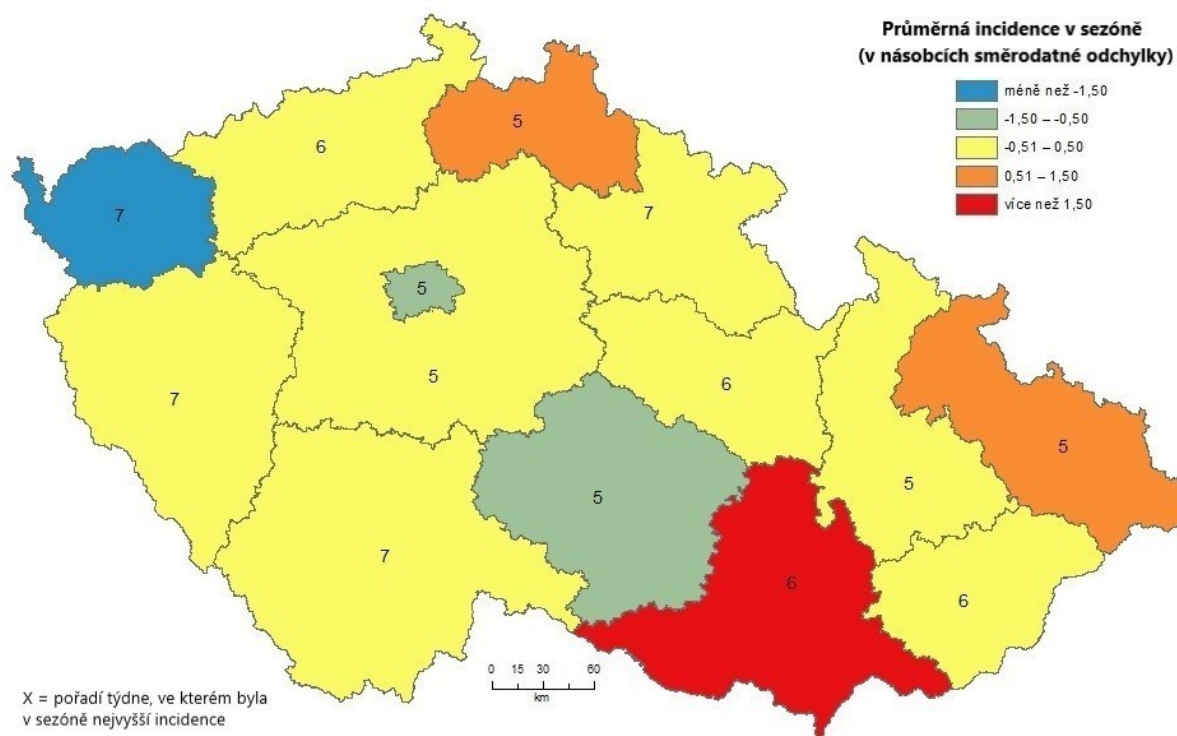
Obrázek 19: Průměrná incidence chřipky v jednotlivých krajích v sezóně 2014–2015



Zdroj: SZÚ (2019), vlastní tvorba

Obrázek č. 20 zobrazuje sezónu 2015–2016 s nejčastějším rozložením vrcholů incidence, to znamená mezi pátým a sedmým kalendářním týdnem. Pět krajů má vrchol incidence v pátém týdnu a jedná se o kraje spíše ve středu Česka a poté o Olomoucký a Moravskoslezský kraj na východě země.

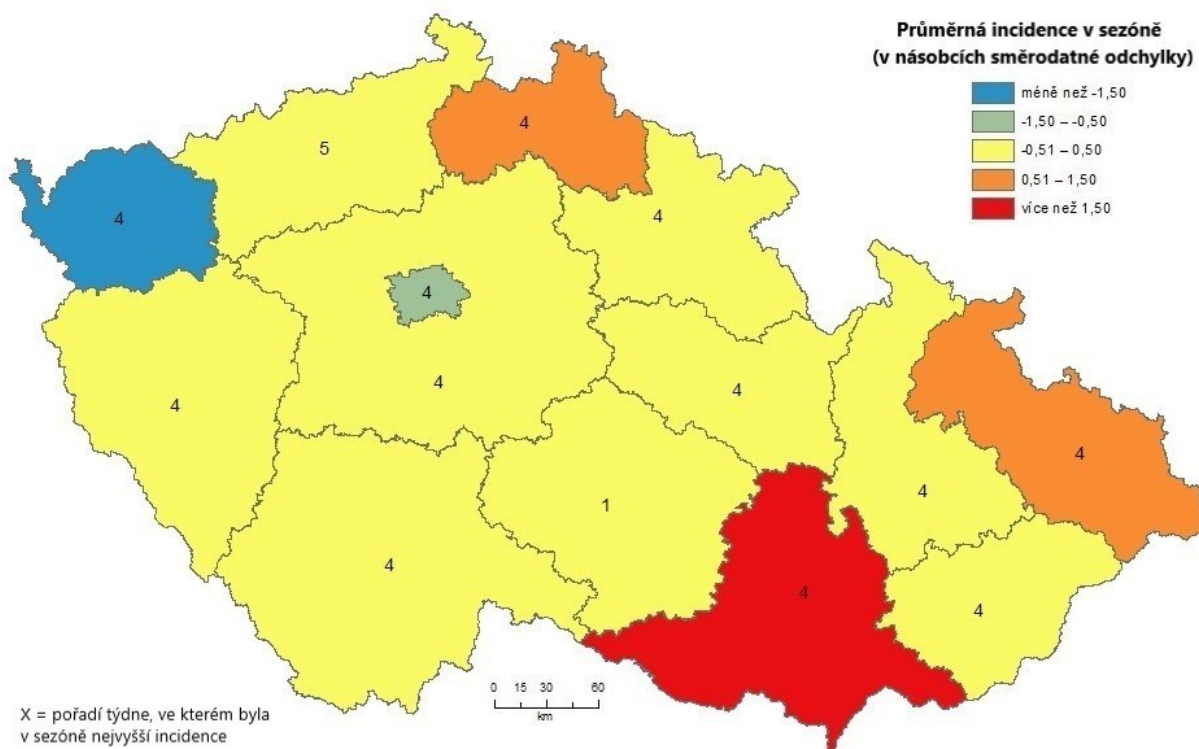
Obrázek 20: Průměrná incidence chřipky v jednotlivých krajích v sezóně 2015–2016



Zdroj: SZÚ (2019), vlastní tvorba

Předposlední ze sledovaných sezón (2016–2017) na obrázku č. 21 opět ukazuje, jak se chřipka v Česku „vyskytla“ najednou. Vrcholy incidence mělo naráz 12 ze 14 krajů ve čtvrtém kalendářním týdnu, pouze Ústecký kraj měl vrchol incidence o týden později, tedy až v pátém týdnu. Na druhé straně Kraj Vysočina si vrcholem incidence prošel dříve než ostatní kraje, a to již v prvním kalendářním týdnu roku 2017.

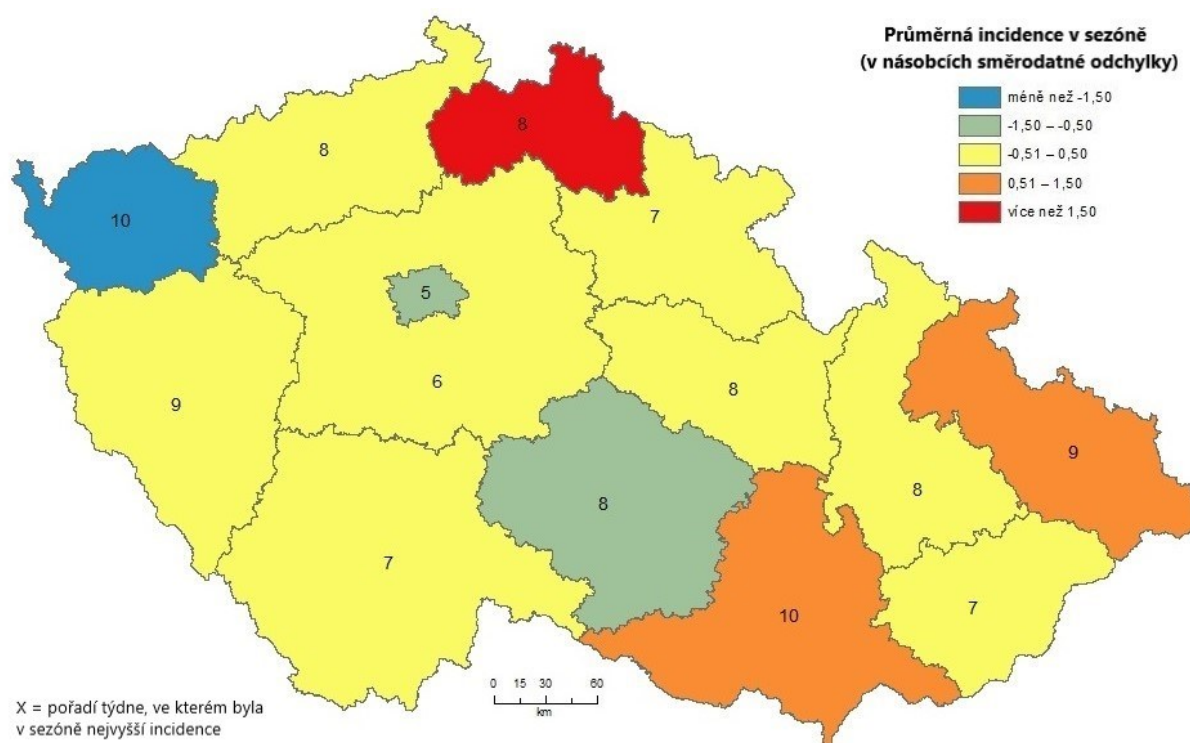
Obrázek 21: Průměrná incidence chřipky v jednotlivých krajích v sezóně 2016–2017



Zdroj: SZÚ (2019), vlastní tvorba

Poslední ze sledovaných sezón (2017–2018), kterou lze vidět na obrázku č. 22 také dokazuje, že se v Česku chřipka šíří bez ohledu na světové vzorce šíření. Hlavní město Praha má vrchol incidence již v pátém kalendářním týdnu a je následováno Středočeským krajem. V sedmém týdnu vrcholí incidence ve třech následujících krajích: Jihočeský, Zlínský a Pardubický, jedná se tedy o kraje opět ležící na opačných stranách Česka. Nejvíce krajů (pět) zaznamenává vrchol incidence v osmém týdnu a jsou následovány Plzeňským a Moravskoslezským krajem v devátém týdnu. Jako poslední zaznamená vrchol incidence Karlovarský a Jihomoravský kraj, a to v desátém kalendářním týdnu.

Obrázek 22: Průměrná incidence chřipky v jednotlivých krajích v sezóně 2017–2018



Zdroj: SZÚ (2019), vlastní tvorba

Jak popisuje například Paget a kol. (2007), sezónní chřipka se ve světě šíří od západu na východ a od jihu na sever. Z provedených analýz a vizualizace lze jednoznačně pro Česko zamítnout tuto čtvrtou výzkumnou hypotézu. Sezónní chřipka se v Česku dle těchto prostorových vzorců nešíří. V žádné ze sledovaných sezón nešlo označit jednoznačné šíření ze západu na východ nebo jihu na sever. Naopak v některých letech se projevil tzv. explozivní výskyt chřipky ve všech krajích najednou, jak popisuje Havlíčková (2019) nebo Isaacs (1951) při šíření chřipky v Dánsku, což může opět být způsobeno velikostí území.

6.4. Limitace dat

Předkládaná práce má své limity. Jednou z limitací zejména u předpovídání vývojového trendu je absence dat za sezónu 2019–2020. Tento pandemický rok nemoci COVID-19, nošení roušek a vládní opatření se jistě podepsali i na epidemii chřipky, což bohužel nemůžeme posoudit.

Dalším z limitů této práce jsou data, která byla získána pouze za jednotlivé kraje, nikoliv za menší územní celky jako jsou například okresy. Jedná se o agregovaná data a analýzy tak stejně jako ostatní ekologické studie mohou být zatíženy ekologickou chybou. Výsledky je nutno interpretovat s opatrností, jelikož zobecňujeme celek a nikoliv jednotlivce,

pro které dané výsledky nemusí platit. Za takto velké územní celky nelze provést hlubší analýzu a odhalit skutečnější vztahy mezi jednotlivými proměnnými. Při menších územních celcích bychom mohli prozkoumat sousedské vztahy a vliv hustoty zalidnění na výskyt chřipky mnohem podrobněji. Jistým doporučením by tedy mohla být snaha data rozdrobit na menší územní celky. Tímto způsobem bychom stále měli potřebné informace o počtu nemocných chřipkou, ale zároveň by se daly zpracovávat rozsáhlejší a hlubší analýzy, což by mohlo pomoci v boji proti šíření tohoto viru.

7. Závěr

Chřipka doprovází lidstvo po celá staletí a patří mezi nejrozšířenější onemocnění vůbec. Přenáší se mezi lidmi zejména kýcháním a kašláním, ale i pouhým mluvením nebo kontaminovanými předměty.

Chřipka se na severní polokouli šíří periodicky v zimních měsících, jelikož jí vyhovuje pobyt lidí uvnitř budov, proto bychom v těchto měsících měli zvýšeně dbát na primární prevenci jako je mytí rukou, doplňování vitamínů, ale i dezinfikování povrchů a vyhýbání se kontaktu s nakaženými lidmi a předměty. Větrání je samozřejmě velmi vhodné, ale nesmíme zapomínat, že chřipka je vůči nízkým teplotám velmi odolná, tudíž nám samotné větrání nepomůže. Zároveň mezi primární prevencí patří očkování, které má již mnohaletou tradici a vakcíny se neustále vyvíjejí podle nejnovějších poznatků.

V rámci rešerše literatury jsme zjistili, že jediným prostředkem v boji proti chřipkovému šíření nejsou jen očkovací látky nebo zásady hygienického chování. Existují i sekundární opatření, mezi které patří i pandemické plány nebo možnost vyhlášení chřipkových prázdnin. Pandemický plán je globální, vytvořený WHO, tudíž není potřeba států si vytvářet vlastní plán, přesto ho mnoho států, včetně Česka má, protože je obohacen o strategické činnosti jednotlivých úřadů. Tyto pandemické plány vytvořené pro chřipku, ale mohou sloužit i jako šablona v případě vypuknutí pandemie jiným mikroorganismem.

Chřipkové onemocnění se šíří celosvětově dle určitého prostorového vzorce, ale existuje rozdíl mezi pandemickým a sezónním šířením chřipky. Sezónní šíření viru probíhá nejčastěji od západu na východ a od jihu na sever. Pandemické šíření viru není blíže specifikováno, ale obecně se šíří dle jiných vzorců než sezónní šíření. Práce se zabývá incidencí sezónního šíření viru chřipky.

Chřipka každoročně postihne velké množství lidí, a i přes existenci léků a očkování zemře celosvětově na chřipku ročně přibližně 250 000 až 650 000 osob, a jen v Česku zemře na nemoci spojené s chřipkou přes dva tisíce lidí. Vývoj trendu v počtu zemřelých na chřipku se v Česku v posledních letech neustále zvyšuje. Dále také v průběhu let platí mužská nadúmrtost na toto onemocnění.

Hlavním cílem diplomové práce bylo odhalení dlouhodobé pravidelnosti v incidenci chřipky v Česku jak z pohledu časového, tak regionálního. Tyto časoprostorové vzorce výskytu chřipky jsou esenciální pro znalost vývoje, přenosu, šíření a dynamiky onemocnění, odhalují pravidelnost a sezónnost epidemií. Největším přínosem této práce je podrobná analýza šíření viru, která za tak dlouhé časové období ještě v Česku nebyla provedena.

Regionální diferenciaci výskytu chřipky nebyla doposud v rámci Česka věnována pozornost, a tak práce napomohla ukázat stabilitu či proměnlivost prostorových vzorců a možné způsoby šíření chřipky.

Uvedený hlavní cíl byl rozdělen na dva dílčí cíle, kterým byla věnována pozornost. Prvním cílem bylo zhodnocení časové pravidelnosti nástupu chřipkové epidemie v jednotlivých krajích Česka a dlouhodobý vývoj incidence chřipky.

Chřipka se do Česka každý rok vrací v září s nástupem dětí do škol po prázdninách a zároveň s příchodem chladného počasí. Vliv na šíření chřipky v těchto měsících nemá počasí jako takové, ale fakt, že se lidé v tuto dobu více vyskytují v uzavřených prostorách (Davidson 2015). Tato hypotéza byla testována pomocí analýzy časových řad. Pro tuto analýzu byla použita data ze SZÚ obsahující incidenci chřipky za roky 2007–2019. Pro hodnocení dané hypotézy je potřeba sledovat sezónnost. Výsledkem této analýzy je, že chřipkové sezóny mají odlišný počet nemocných v závislosti na síle konkrétní chřipkové sezóny, časový průběh je ale v jednotlivých krajích stejný s odchylkou jednoho kalendářního týdne. Hlavní peak incidence se objevuje nejčastěji v pátém kalendářním týdnu s odchylkou jednoho týdne.

Literatura uvádí rostoucí trend incidence onemocnění chřipkou, zejména od roku 2017 (Rozsypal 2018). Pro analýzu této hypotézy byla též použita analýza časových řad a data ze SZÚ obsahující počet nemocných chřipkou za roky 2007–2019. Pro hodnocení této hypotézy byla potřeba sledovat trendovou složku časové řady. Při zkoumání výsledků této analýzy jsme dospěli k závěru, že většina krajů v Česku prokazuje pokles incidence chřipky. V Česku můžeme pozorovat klesající trend vývoje incidence chřipky v 11 ze 14 krajů. Pardubický kraj vykazoval téměř stagnující vývoj incidence a pouze dva kraje (Liberecký a hlavní město Praha) mají rostoucí trend incidence. V Libereckém kraji byl tento rostoucí trend ještě razantnější než v hlavním městě Praha.

Druhým cílem bylo zhodnocení regionální diferenciaci v incidenci a časovém průběhu chřipkové epidemie na úrovni krajů v Česku.

V USA se prokázalo hierarchické šíření viru mezi nejlidnatějšími státy jako je na příklad Kalifornie a následně šíření do málo osídlených oblastí. Zároveň se potvrdilo, že u sezónního viru je při šíření největší hnací silou dojíždění za prací na krátké vzdálenosti (Charu a kol. 2017). K zjištění výsledku analýzy byly použity mapy z geoinformačních systémů. Ve vybraných krajích (hlavní město Praha, Středočeský, Jihomoravský, Moravskoslezský a Plzeňský), byla předpokládána vyšší incidence chřipkového viru vlivem většího pracovního toku, míry urbanizace a výskytu velkých měst. Toto se však nepotvrdilo,

kraje měly průměrnou incidenci, v některých letech dokonce oproti průměru nižší. Hlavní město Praha vykazovala podprůměrnou incidenci dokonce ve všech sledovaných sezónách.

V USA se prokázal směr šíření sezónního chřipkového viru směrem od západu na východ a od jihu na sever (Viboud a kol 2006). Stejně jevy se prokázaly při sledování chřipkového viru v Evropě (Paget a kol. 2007). Směr šíření chřipkového viru lze nejjednodušeji zjistit pomocí vizualizace v podobě mapy s využitím geografického informačního systému. Výsledkem analýzy bylo zjištění, že chřipkový vir se v jednotlivých krajích v Česku šíří zcela náhodným způsobem bez ohledu na geografické rozložení. V žádné ze sledovaných sezón nešel jednoznačně prokázat směr šíření chřipkového viru. Získané výsledky mohla ovlivnit skutečnost, že Česko je malé území a není zde prostor pro projevení časoprostorových vzorců v případě použití dat za kraje.

8. Seznam literatury

ARLT, J., ARLTOVÁ, M. (2007): Ekonomické časové řady: vlastnosti, metody modelování, příklady a aplikace. In: Arlt, J.: Ekonomické časové řady a jejich vlastnosti. Grada, Praha, 13–25.

BARBERIS I., MYLES P., AULT S. K., BRAGAZZI N. L., MARTINI M. (2016): History and evolution of influenza control through vaccination: from the first monovalent vaccine to universal vaccines. *Journal of preventive medicine and hygiene*, 57, 3, 115–120.

BERKA V. Kdo vyhláší chřipkové prázdniny (2003): Česká škola. Dostupné z: <http://www.ceskaskola.cz/2003/03/vit-berka-kdo-vyhlasuje-chripkove.html?fbclid=IwAR2XFt1XeXz5PPFulMVDg3sAE6G3QdED6dsROX2reasEYpzYit5TXcnKNG4> (cit. 22.2.2021).

BONABEAU, E., TOUBIANA, L., FLAHAULT, A. (1998): The geographical spread of influenza. *Proc Biol Sci.*, 22, 265, 2421–2425.

CDC. Centers for Disease Control and Prevention (2008): Weekly U.S. Influenza Surveillance Report. Dostupné z: <https://www.cdc.gov/flu/weekly/index.htm#S5> (cit. 25.3.2021).

CDC. Centers for Disease Control and Prevention (2018): 1918 Pandemic Influenza Historic Timeline | Pandemic Influenza (Flu). Dostupné z: <https://www.cdc.gov/flu/pandemic-resources/1918-commemoration/pandemic-timeline-1918.htm?fbclid=IwAR1QCxyhtA5VN5n7pq-BrGdVLz7KAICYmBVVvSJtR2tjgwRvryGK3yvAXKc> (cit. 4.1.2021).

CDC. Centers for Disease Control and Prevention (2018): Influenza Milestones 1917–2009 Timeline Pandemic Influenza (Flu). Dostupné z: <https://www.cdc.gov/flu/pandemic-resources/1918-commemoration/milestone-infographic.htm> (cit. 04.05.2020).

CDC. Centers for Disease Control and Prevention (2019): 2009 H1N1 Pandemic Timeline - Pandemic Influenza (Flu). Dostupné z: <https://www.cdc.gov/flu/pandemic-resources/2009-pandemic-timeline.html?fbclid=IwAR1QpfVpKVA8yfAuWAPGYhOmjRshU-bF6-RxFvfTr1dh4ithivS1-BCknrl> (cit. 2.1.2021).

CDC. Centers for Disease Control and Prevention (2019): Pandemic Influenza (Flu). 2009 H1N1 Pandemic (H1N1pdm09 virus). Dostupné z: <https://www.cdc.gov/flu/pandemic-resources/2009-h1n1-pandemic.html> (cit. 04.05.2020).

CDC. Centers for Disease Control and Prevention. (2018): How Flu Spreads Dostupné z: <https://www.cdc.gov/flu/about/disease/spread.htm> (cit. 22.11.2020).

CDC. Centers for Disease Control and Prevention. (2020): Flu (Influenza) Antibiotic Use. Dostupné z: <https://www.cdc.gov/antibiotic-use/flu.html> (cit. 30.5.2021)

CDC. Centers for Disease Control and Prevention. (2021): Flu: What To Do If You Get Sick. Dostupné z: <https://www.cdc.gov/flu/treatment/takingcare.htm> (cit. 30.5.2021)

CEIC Data (2020): Influenza A (H1N1): No of Deaths: Czech Republic WHO. Dostupné z: <https://www.ceicdata.com/en/czech-republic/world-health-organization-influenza-a-h1n1-by-countries/who-influenza-a-h1n1-no-of-deaths-czech-republic?fbclid=IwAR1TGGsODGCdvfgKMpC7ZLkjlBflzaJeiDRwhlwePw3qRDcnVTsR7WWNOWk> (cit. 04.01.2021).

COUCH, R. B. (2000): Prevention and Treatment of Influenza. *New England Journal of Medicine*, 343, 24, 1778–1787.

COWLING B., CAINI S., CHOTPITAYASUNONDH T., DJAUZI S., GATCHALIAN S., HUANG Q., KOUL P., LEE P., MUTTALIF A., PLOTKIN S. (2017): Influenza in the Asia-Pacific region: Findings and recommendations from the Global Influenza Initiative. *Vaccine*, 35, 6, 856–864.

CUADROS, D., F., BRANSCUM, A., J., MILLER, F. DEW., ABU-RADDAD, L., J. (2014): Spatial epidemiology of hepatitis C virus infection in Egypt: Analyses and implications. *Hepatology*, 60, 4, 1150–1159.

ČSÚ. Český statistický úřad (2021): Dostupné z: https://www.czso.cz/documents/10180/91917748/32018119_0101.pdf/0644d54b-c584-4a0f-8257-487066abfac1?version=1.0 (cit. 20.01.2020).

ČSÚ. Český statistický úřad (2021): Úmrtnostní tabulky. Dostupné z: https://www.czso.cz/csu/czso/umrtnostni_tabulky (cit. 20.01.2020).

DAS, S., OPOKU, J., ALLSTON, A., KHARFEN., M. (2018): Detecting spatial clusters of HIV and hepatitis coinfections. *PLoS ONE*, 13, 9, 1–13.

DAVIDSON M. W. (2015): Influenza (flu) virus. Dostupné z: <https://micro.magnet.fsu.edu/cells/viruses/influenzavirus.html> (cit. 14.04.2020).

DAVIS P. Ch., STÖPPLER C. M. (2020): Flu Vaccine (Flu Shot) Effectiveness 2020, Side Effects & COVID-19. Dostupné z: https://www.emedicinehealth.com/flu_vaccine/article_em.htm (cit. 24.01.2021).

DOSHI, P. (2005): Are US flu death figures more PR than science? *BJM*, 331, 1412.

ELLIOTT, P., WARTENBERG D. (2004): Spatial Epidemiology: Current Approaches and Future Challenges. *Environmental Health Perspectives*, 112, 9, 998–1006.

Fang, L-Q., de Vlas, S., J., Liang, S., Looman, C., W., N., Gong, P. (2008): Environmental Factors Contributing to the Spread of H5N1 Avian Influenza in Mainland China. *PLoS ONE* 3, 5, 1–6.

FRANC A. Prolékaře.cz (2020): Vakcíny z pohledu farmaceuta. Dostupné z: <https://www.prolekare.cz/casopisy/ceska-slovenska-farmacie/2020-4-14/vakciny-z-pohledu-farmaceuta-125032> (cit. 26.01.2021).

FRANCIS, M. K., ALYSON, M. K. (2019): Back to the Future for Influenza Preimmunity—Looking Back at Influenza Virus History to Infer the Outcome of Future Infections. *Viruses*, 11, 22, 2–21.

- GÖPFERTO VÁ, D. (2013): Epidemiologie – obecná a speciální epidemiologie infekčních nemocí. In: Göpfertová, D.: Zákonitosti šíření nákaz. Karolinum, Praha, 27–41.
- GÖPFERTO VÁ, D., PAZDIORA, P., PETROUŠKOVÁ, L., DÁŇOVÁ, J. (2015): 100 infekcí epidemiologie pro praxi. In: Göpfertová, D., Pazdiora, P., Petroušková, L., Dáňová, J.: Chřipka. Triton, Praha, 92-96.
- HALL, C., B. (2007): The Spread of Influenza and Other Respiratory Viruses: Complexities and Conjectures. *Clinical Infectious Diseases*, 45, 3, 353–359.
- HANNOUN, C. (2014): The evolving history of influenza viruses and influenza vaccines. *Expert Review of Vaccines*, 12, 9, 1085–1094.
- HAVLÍČKOVÁ M., DREULLES S., JIŘINCOVÁ H., LIMBERKOVÁ D., NAGY A., RASULI A., KYNČL J. (2019): Circulation of influenza A and B in the Czech Republic from 2000-2001 to 2015-2016. *BMC Infect Dis* 19, 160.
- HAVLÍK, J. (1990): Infektologie, učebnice pro lékařské fakulty. In: Marešová, V.: Chřipka a parachřipka. Avicenum, Praha, 224–229.
- HOUDRET, J-C. (1994): Jak se léčí chřipka. Eminent, Praha.
- CHARU, V., ZEGER, S., GOG, J., BJØRNSTAD, O., N., KISSLER, S., SIMONSEN, L., GRENFELL, B., T., VIBOUD, C. (2017): Human mobility and the spatial transmission of influenza in the United States. *PLoS Comput Biol*, 13, 2, 1–23.
- CHMELÍK V. Diagnostika a léčba chřipky (2009): Dostupné z: <https://www.infekce.cz/DopChripka1.htm> (cit. 16.02.2021).
- ISAACS, A., ANDREWES, C., H. (1951): The Spread of Influenza, evidence from 1950–1951. *British medical journal*, 2, 4737, 921–927.
- JÍLEK, P. (2014): Imunologie, stručně, jasně, přehledně. In: Jílek, P.: Antigeny. Grada, Praha, 31–35.
- KALIBOVÁ, K. (2001): Úvod do demografie. Karolinum, Praha.
- KREDBA, V. (1970): Infekční nemoci. In: Procházka, J.: Virové infekce dýchacího traktu a chřipka. Avicenum, Praha, 206-212.
- KYNČL, J. (2020): Chřipka v kontextu aktuálních opatření u koronaviru. SZÚ. Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/prevence/je-koronavirus-jako-chripka> (cit. 16.03.2020).
- KYNČL, J. (2008): Akutní respirační infekce. SZÚ. Dostupné z: <http://www.szu.cz/publikace/data/popis-systemu-ari> (cit. 01.07.2021)
- KYNČL, J., PROCHÁZKA B., HAVLÍČKOVÁ M., CASTKOVÁ J., GODDARD N. L., OTAVOVÁ M., KRÍŽ B. (2005): A study of excess mortality during influenza epidemics in the Czech Republic, 1982–2000. *European Journal of Epidemiology*, 20, 4, 365–371.
- LAVANCHY, D. (2011): Evolving epidemiology of hepatitis C virus. *Clinical Microbiology and Infection*, 17, 2, 107-115.

- LITSCHMANNOVÁ, M. (2010): Úvod do analýzy časových řad. VŠB, Ostrava.
- LOWEN, A., C., MUBAREKA, S., STEEL, J., PALESE, P. (2007): Influenza virus transmission is dependent on relative humidity and temperature. *PLoS Pathog*, 3, 10, 1470–1476.
- MAĐAR, R. (2015): Chřipka – významná příčina morbidit a mortality populace. *Remedia*, 25, 5, 370–372.
- MALÝ, M., NĚMEČEK, V., ZÁKOUCKÁ, H. (2017): Výskyt a šíření HIV/AIDS v České republice v roce 2016. *SZÚ*, Praha, 26, 6–7, 238–248.
- McKAY, R., A. (2017): *Patient Zero and the Making of the AIDS Epidemic*. Chicago Press, Chicago.
- Ministerstvo zdravotnictví (2011): Pandemický plán České republiky. Dostupné z: <https://www.mzcr.cz/pandemicky-plan-ceske-republiky/> (cit. 22.2.2021).
- MORIN, M. (2013): H1N1 influenza virus killed 10 times more than estimated in 2009. Dostupné z: <https://www.latimes.com/science/sciencenow/la-sci-sn-h1n1-influenza-virus-killed-10-times-more-than-estimated-in-2009-20131126-story.html> (cit. 31.05.2021)
- NAING, N. N. (2000): Easy Way to Learn Standardization: Direct and Indirect Methods. *The Malaysian journal of medical sciences*, 7, 1, 10–5.
- OECD. Organisation for Economic Co-operation and Development (2019): Influenza vaccination rates (indicator). Dostupné z: https://data.oecd.org/healthcare/influenza-vaccination-rates.htm?fbclid=IwAR2DtmJyi683Lq7g_i7SQHbe3nvcMrsnHZY5kA3yF6bPbYr1rKqW82DCumg (cit. 30.05.2020)
- ONOUZUKA, D., HAGIHARA, A. (2008): Spatial and Temporal Dynamics of Influenza Outbreaks, *Epidemiology*, 19, 6, 824–828.
- OSTFELD, R., S., GLASS, G., E., KEESING, F. (2005): Spatial epidemiology: an emerging (or re-emerging) discipline. *Trends in Ecology & Evolution*, 20, 6, 328–336.
- PAGET J., SPREEUWENBERG P., CHARU V., TAYLOR R. J., IULIANO A. D., BREESEE J., SIMONSEN L., VIBOUD C. (2019): Global mortality associated with seasonal influenza epidemics: New burden estimates and predictors from the GLaMOR Project. *Journal of global health*, 9, 2, 1–12.
- PAGET, W., MARQUET, R., MEIJER, A., VELDEN, K. (2007): Influenza activity in Europe during eight seasons (1999-2007): An evaluation of the indicators used to measure activity and an assessment of the timing, length and course of peak activity (spread) across Europe. *BMC Infectious Diseases*. 7, 141, 1471–2334.
- POLÁČKOVÁ E. (2009): Epidemiologie akutních respiračních infekcí v ČR. Diplomová práce. Ústav epidemiologie, 3. lékařská fakulta UK, Praha.
- PřF UK (2020): Data o úmrtnosti na chřipku jako primární příčina úmrtí za roky 1995–2018. Interní data PřF UK, Praha.

- RETTNER R. (2020): How does the new coronavirus compare with the flu? Dostupné z: <https://www.livescience.com/new-coronavirus-compare-with-flu.html> (cit. 15.04.2020)
- ROGERS, A., CASTREE, N., KITCHIN, R. (2013): A Dictionary of Human Geography. Oxford University Press, Oxford.
- ROZSYPAL H. Infekce.cz (2018): Epidemie chřipky 2017/2018. <https://www.infekce.cz/zprava18-03.htm?fbclid=IwAR2XFt1XeXz5PPFulMVDg3sAE6G3QdED6dsROX2reasEYpzYit5TXcnKN G4> (cit. 15.01.2021).
- SAKAI, T., SUZUKI, H., SASAKI, A., SAITO, R., TANABE, N., & TANIGUCHI, K. (2004): Geographic and Temporal Trends in Influenza-like Illness, Japan, 1992–1999. *Emerging Infectious Diseases*, 10, 10, 1822–1826.
- SALFELLNER H. (2017): Pandemie španělské chřipky 1918/19 se zvláštním zřetelem na České země a středoevropské poměry. Disertační práce. Ústav dějin lékařství a cizích jazyků, 1. lékařská fakulta UK, Praha.
- SALFELLNER, H. (2018): Španělská chřipka příběh pandemie z roku 1918. Vitalis, Praha.
- SATTENSPIEL, L. (2009): The Geographic Spread of Infectious Diseases Models and Applications. Princeton University Press, New Jersey.
- SEDLÁK, K. (2006): Nebezpečné infekce zvířat a člověka. In: Sedlák, K., Tomšíčková, M.: Chřipka. Scientia, Praha, 69-72.
- SHAMAN, J., PITZER, V., E., VIBOUD, C., GRENFELL, B., T., LIPSITCH, M. (2010): Absolute Humidity and the Seasonal Onset of Influenza in the Continental United States. *PLoS Biol* 8, 2, 1–13.
- SIMONSEN, L., CLARKE M., J., SCHONBERGER L., B., ARDEN N., H., COX N., J., FUKUDA K. (1998): Pandemic versus Epidemic Influenza Mortality: A Pattern of Changing Age Distribution. *The Journal of Infectious Diseases*, 178, 1, 53–60.
- SMETANA, J. (2018): Vysoce nebezpečné nákazy. In: Kynčl, J.: Pandemická chřipka a Ptačí chřipka. Mladá fronta, Praha, 38-45.
- SMITH M. (2008): Seasonal Flu Starts in Asia and Migrates Throughout World. Dostupné z: <https://www.medpagetoday.org/infectiousdisease/uritheflu/9142?vpass=1> (cit. 15.04.2021).
- STAŇKOVÁ, M., MAREŠOVÁ, V., VANIŠTA J., (2000): Infekční lékařství minimum pro praxi. In: Staňková, M., Marešová, V., Vaništa, J.: Chřipka. Triton, Praha, 84–87.
- SZÚ (2019): Data o nemocnosti v jednotlivých krajích Česka za roky 2007–2019. Interní data Státního zdravotního ústavu, Praha.
- SZÚ. Státní zdravotní ústav (2019): Chřipka. Dostupné z: http://www.szu.cz/uploads/Epidemiologie/Infekce_zakladni_informace/Chripka.pdf (cit. 15.04.2021).

SZÚ. Státní zdravotní ústav (2019): Prevence chřipky – obecná preventivní hygienická opatření. Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/prevence/prevence-chripky-obecna-preventivni-hygienicka-opatreni> (cit. 16.02.2021).

ŠEBEK, T., PATOČKOVÁ, M., FIALA, R., MATERNA, O., NÁHLOVSKÝ, J. (2006): Chřipka a pandemie ptačí hrozba? Mladá fronta, Praha.

ŠPAČKOVÁ, M., GAŠPÁREK, M. (2018): Míra proočkovanosti proti rotavirovým gastroenteritidám v Evropě a výskyt rotavirových gastroenteritid v České republice v období 1997–2017. SZÚ, 27, 7–8, 190–194.

ŠTYGLEROVÁ, T. (2011): Současnost demografické statistiky v ČSÚ. Demografie 53, 19, 46–47.

TUČEK, M. (2012): Hygiena a epidemiologie pro bakaláře. In: Schejbalová, M.: Epidemiologie infekčních onemocnění. Karolinum, Praha, 167–175.

ÚZIS. Ústav zdravotnických informací a statistiky České republiky (2006): Jak správně postupovat při vyplňování Listu o prohlídce mrtvého (LPM) Stručný průvodce. ÚZIS ČR, Praha.

VIBOUD, C., BJØRNSTAD, O., N., SMITH, D., L., SIMONSEN, L., MILLER, M., A., GRENFELL, B., T. (2006): Synchrony, Waves, and Spatial Hierarchies in the Spread of Influenza. Science, 312, 5772, 447–451.

VIBOUD, C., SIMONSEN, L., FUENTES, R., FLORES, J., MILLER, M., CHOWELL, G. (2016): Global Mortality Impact of the 1957–1959 Influenza Pandemic. Journal of Infectious Diseases, 213, 5, 738–745.

Vláda ČR (2010): Pandemický plán. Ministerstvo zdravotnictví ČR, Praha.

Vyhláška č. 362/1991 Sb. Vyhláška ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy České republiky o organizaci školního roku v základních školách, středních školách a speciálních školách. § 4 a § 6

WHO. World Health Organisation (2009): Pandemic influenza preparedness and response: a WHO guidance document. Dostupné z: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44123/9789241547680_eng.pdf?sequence=1 (cit. 22.02.2021).

WHO. World Health Organisation (2021): Influenza – estimating burden of disease. Dostupné z: https://www.euro.who.int/en/health-topics/communicable-diseases/influenza/seasonal-influenza/burden-of-influenza?fbclid=IwAR2YeCG2CDV3EZYPQrmVxo0v8oaITDIqevECY_z4g7iTPgdaPh1jqJzQDfU (cit. 16.02.2021).

WHO. World Health Organization (2010): What is a pandemic? Dostupné z: https://www.who.int/csr/disease/swineflu/frequently_asked_questions/pandemic/en/ (cit. 06.06.2021)

WHO. World Health Organization (2012): Influenza vaccines. Dostupné z: https://www.who.int/influenza_vaccines_plan/en/?fbclid=IwAR3-oRwjGELUTEL23zSdVejKzVUVscMWuoJsFteEtNoyo6KbmC4sPNKrOPQ (cit. 23.02.2021).

WHO. World Health Organization (2018): Percentage of respiratory specimens that tested positive for influenza. Dostupné z: https://www.who.int/influenza/surveillance_monitoring/updates/2018_05_28_influenza_update_316.jpg?ua=1 (cit. 30.05.2020)

WHO. World Health Organization (2018): Influenza (Seasonal). Dostupné z: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/influenza-\(seasonal\)?fbclid=IwAR3wArGTnx8nxHzDzXNVSRb41wEPB8JQkmvqSZVnjjYVE8mhZr26YDOaulY](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/influenza-(seasonal)?fbclid=IwAR3wArGTnx8nxHzDzXNVSRb41wEPB8JQkmvqSZVnjjYVE8mhZr26YDOaulY) (cit. 18.12.2020).

WHO. World Health Organization (2020): Coronavirus disease (COVID-19): Similarities and differences with influenza. Dostupné z: <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/question-and-answers-hub/q-a-detail/coronavirus-disease-covid-19-similarities-and-differences-with-influenza?fbclid=IwAR1CSEAYWMkqhQBWN-rCP67Olc0f4h9aOOK-9URZhHOKTHd10dPSWlliflo> (cit. 21.12.2020).

WHO. World Health Organization (2020): Influenza Laboratory Surveillance Information. Dostupné z: <https://apps.who.int/flumart/Default?ReportNo=10&fbclid=IwAR0Sz0mLJVR7KEnqPsdh5DjArMTA135IVGjP61qLE9ryEI4C9hUd20SZzbc> (cit. 30.05.2020)

World Life Expectancy (2018): Influenza and Pneumonia in Czech Republic. Dostupné z: https://www.worldlifeexpectancy.com/czech-republic-influenza-pneumonia?fbclid=IwAR0RHulyZPnrNSD24NzCeWL6l4FGBleJUBN2Giodsi65Mi6FBxPbGtx_S8k (cit. 5.1.2021).

Worldometers.info (2020): COVID-19 Coronavirus pandemic. Dostupné z: <https://www.worldometers.info/coronavirus/> (cit. 15.04.2020)

YOSHINARI, K., REIKO, S., YOSHIKI, T., YASUHIKO, O., TOMOKI, N., YUGO, S., ASAMI, S., TAEKO, O., HIROSHI, S. (2011): Geodemographics profiling of influenza A and B virus infections in community neighborhoods in Japan. *BMC Infectious Diseases*, 11, 36, 1–12.

YUN, Z., ZHIGANG, L., YONG, Z., HUA, Y., YANCHEN, B., LIQUN, F., XIANGMING, X. (2010): Spatially explicit epidemiological simulation system of influenza A (H1N1) in China. *18th International Conference on Geoinformatics*, 1–6.